

РАДИОПРИЕМ

КОРОТКОВОЛНОВЫЙ ПРИЕМНИК

М. Фирсов

Приемник рассчитан на прием радиовещательных станций в пяти растянутых коротковолновых диапазонах: 14,9—16,0 МГц; 11,6—12,5 МГц; 9,4—10,1 МГц; 7,0—7,5 МГц; 5,9—6,4 МГц. Прием ведется на телескопическую или внешнюю антенну.

Чувствительность приемника (при отношении сигнал/шум 20 дБ) 50—100 мкВ. Избирательность по соседнему каналу (при расстройке ± 10 кГц) не хуже 24 дБ. Избирательность по зеркальному — не хуже 12 дБ. Автоматическая регулировка усиления обеспечивает изменение напряжения на выходе приемника не более чем на 6 дБ при изменении напряжения на входе на 40 дБ. Выходная мощность усилителя НЧ приемника 150 мВт. Работает он на головку прямого излучения 0,1 ГД-8.

Питается приемник от батареи «Крона-ВЦ» или аккумуляторной батареи 7Д-0,1, напряжением 9 В. Ток, потребляемый в режиме молчания, не более 12 мА. При-

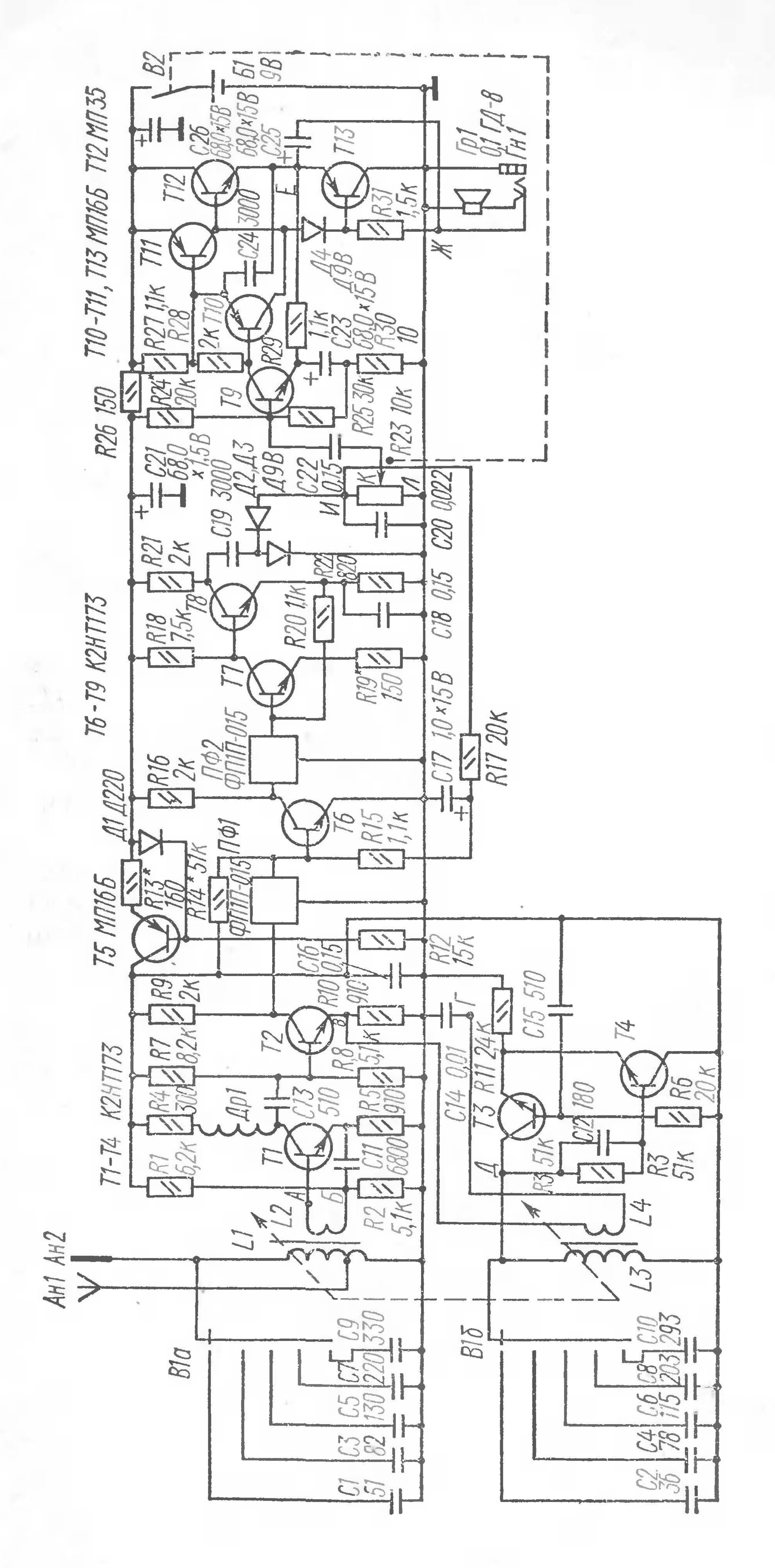


Рис. 1. Принципиальная схема приемника

емник сохраняет работоспособность при разряде батареи до 3,5 В.

Размер приемника 162 × 84 × 35 мм, масса около 400 г.

Принципиальная схема коротковолнового приемника приведена на рис. 1. Он собран на двух транзисторных сборках и пяти транзисторах. На всех диапазонах входные и гетеродинные контуры настраиваются сдвоенным ферровариометром *L1*, *L3*. Диапазоны переключаются переключателем *В1*, подключающим к катушкам ферровариометра постоянные конденсаторы *С1*, *С3*, *С5*, *С7*, *С9* и *С2*, *С4*, *С6*, *С8*, *С10* входных и гетеродинных контуров. Штыревая антенна присоединена непосредственно к входному контуру. Внешняя антенна имеет автотрансформаторную связь с входным контуром. Усилитель высокой частоты собран на транзисторе *Т1* по апериодической схеме. Связь усилителя ВЧ с входным контуром трансформаторная. Сигнал с катушки связи *L2* поступает на базу транзистора *Т1*. Коллекторная нагрузка транзистора состоит из резистора *R4* и дросселя *Др1*. С коллектора транзистора *Т1* усиленный входной сигнал поступает на базу транзистора *Т2*, работающего в смесителе. На эмиттер этого транзистора через катушку связи *L4* подается сигнал гетеродина.

Гетеродин собран на двух транзисторах *Т3*, *Т4* по схеме мультивибратора с эмиттерной связью. Благодаря соответствующему выбору элементов схемы гетеродин генерирует колебания, близкие к синусоидальным.

Для улучшения стабильности усиления, стабильности частоты гетеродина и развязки от усилителей ПЧ и НЧ эти каскады питаются стабилизированным напряжением (2,5—2,7 В) от стабилизатора напряжения, выполненного на транзисторе *Т5*.

Усилитель ПЧ собран на транзисторах *Т6*—*Т8* по апериодической схеме. Необходимая избирательность обеспечивается двумя пьезокерамическими фильтрами *ПФ1* и *ПФ2*. Первый каскад усилителя ПЧ собран по схеме с общим эмиттером на транзисторе *Т6*. Второй и третий каскады собраны на транзисторах *Т7*, *Т8*, которые связаны между собой гальванически и охвачены глубокой отрицательной обратной связью по постоянному току через резистор *R20*. Резистор *R19* в цепи эмиттера транзистора *Т7* устраняет избыток усиления по промежуточной частоте.

Детектор собран по схеме удвоения напряжения на диодах *Д2*, *Д3*. Сигнал АРУ снимается с нагрузки детектора — резистора *R23* — и через цепь *R17C17R15* подается на базу транзистора *Т6* первого каскада усилителя ПЧ.

Усилитель НЧ выполнен на транзисторах *Т9—Т13*, охваченных отрицательной обратной связью по переменному и постоянному току. Напряжение обратной связи снимается с выхода усилителя и через резистор *R29* подается на эмиттер транзистора *Т9*. Глубина обратной связи по переменному току определяется соотношением сопротивлений резисторов *R29* и *R30*. В усилителе имеется и положительная обратная связь, напряжение которой снимается с выхода усилителя и через резистор

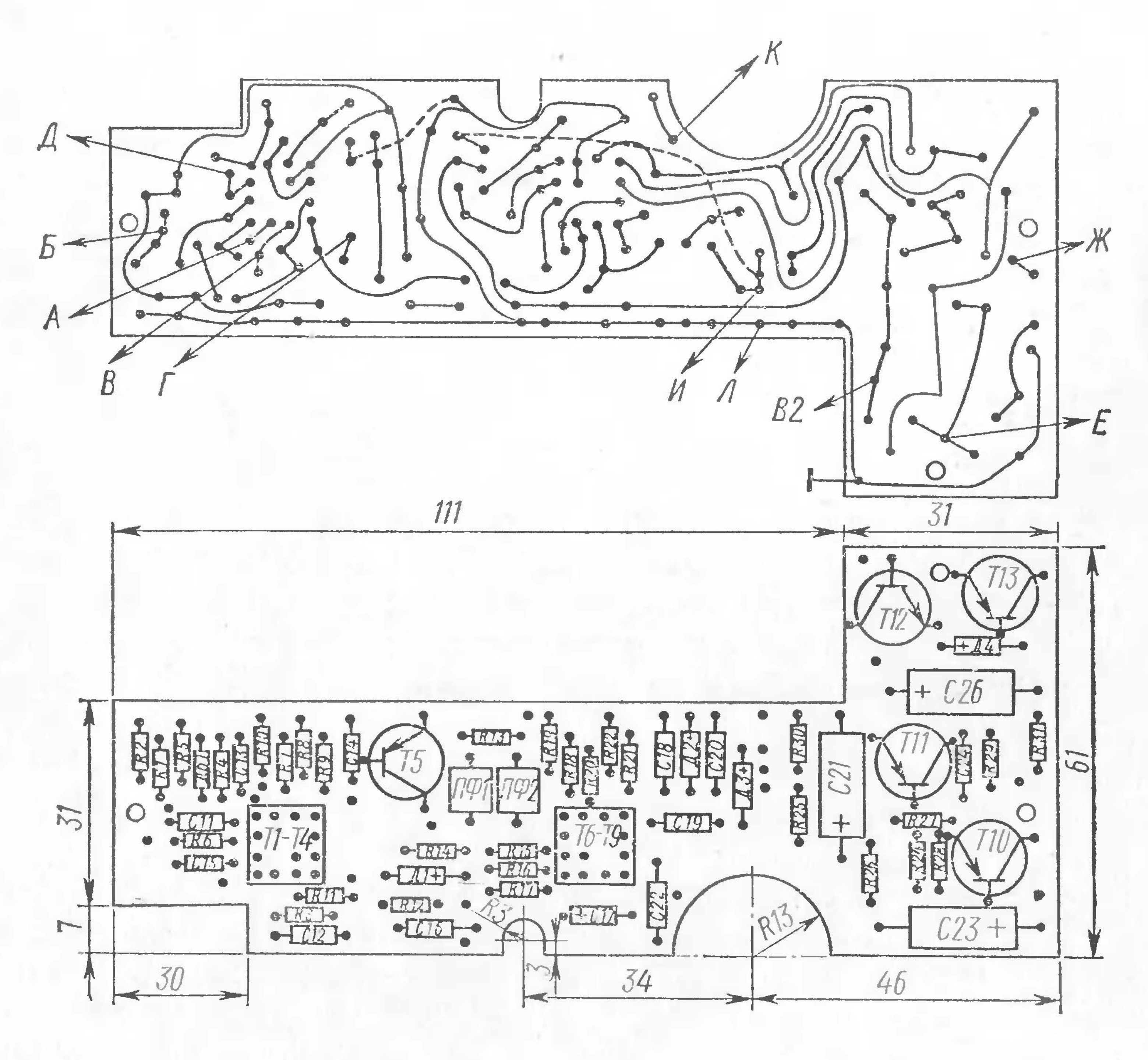


Рис. 2. Монтажная плата приемника

R31 подается на базы транзисторов *Т12*, *Т13*. От стандартного усилителя он отличается наличием каскада на транзисторе *Т10*, включенном по схеме эмиттерного повторителя с положительной обратной связью. Напряжение обратной связи снимается с эмиттера транзистора *Т10* и подается в точку соединения резисторов *R27* и *R28*. Это позволило за счет увеличения эффективной нагрузки в коллекторной цепи транзистора *Т9* повысить усиление по низкой частоте в несколько раз.

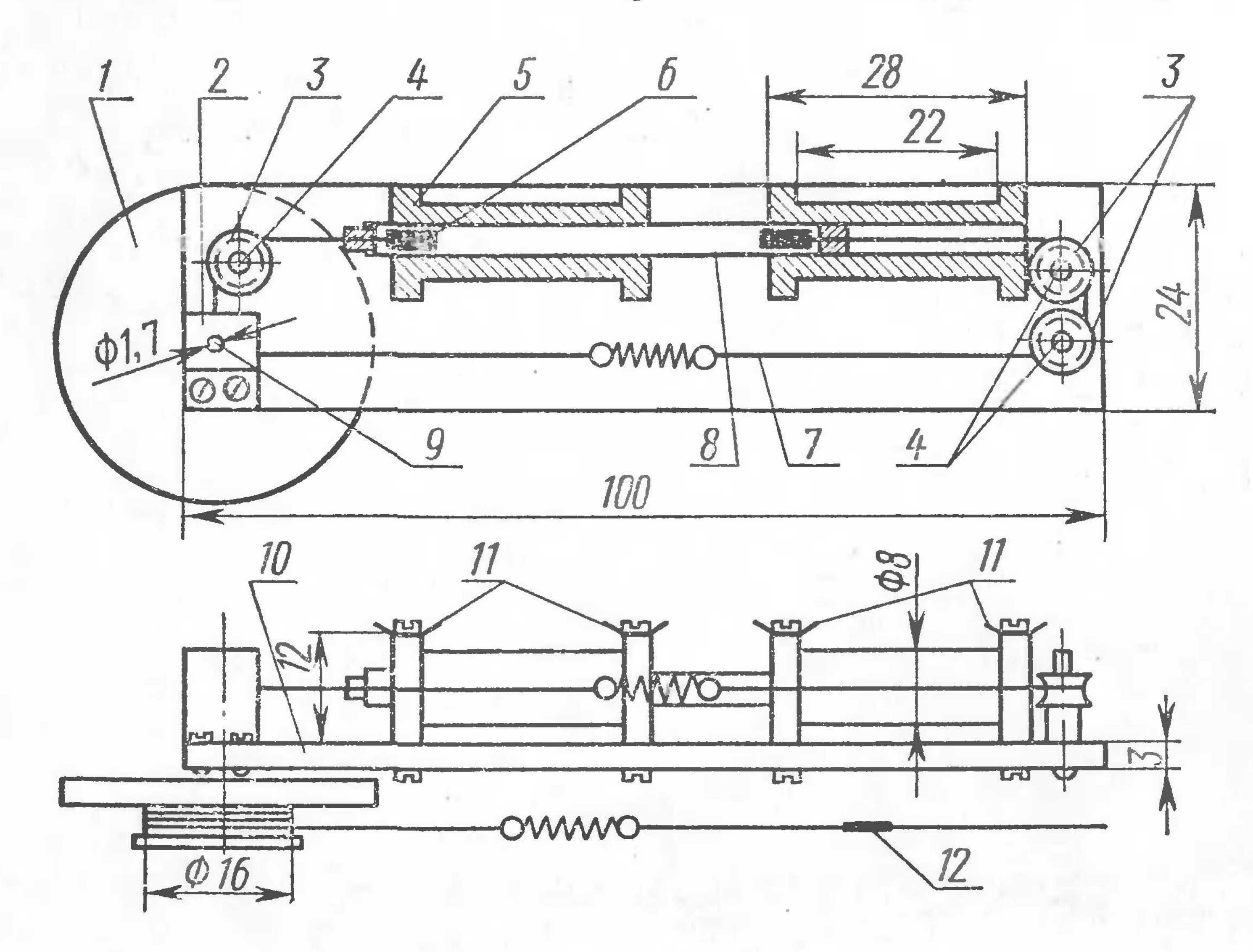


Рис. 3. Конструкция ферровариометров:

1 — ручка настройки и шкив шкального устройства, полистирол, 1 шт.; *2* — кронштейн, латунь ЛС-59, 1 шт.; *3* — шкив, органическое стекло, 3 шт.; *4* — ось, сталь, 3 шт.; *5* — каркас катушки, органическое стекло, 2 шт.; *6* — ферритовый сердечник 100НН, 2 шт.; *7* — тросик верньерного устройства, 1 шт.; *8* — полихлорвиниловая трубка, 1 шт.; *9* — ось, сталь, 1 шт.; *10* — основание, органическое стекло, 1 шт.; *11* — лепесток, латунь ЛС-59, 4 шт.; *12* — тросик шкального устройства с указателем настройки, 1 шт.

Детали приемника смонтированы на печатной плате из двустороннего фольгированного стеклотекстолита. Размещение деталей на плате показано на рис. 2.

Конструкцию ферровариометров поясняет рис. 3. Катушки гетеродинного и входного контуров *5* закреплены соосно на основании *10* с помощью четырех винтов *М2*. Ферритовые сердечники *6* изготовлены из разло-

манного пополам сердечника коротковолновых катушек от приемников «Меридиан», «ВЭФ-12» и т. п. Ферритовые сердечники плотно вставлены в полихлорвиниловую трубку. Тросик *7* верньерного устройства закреплен в полихлорвиниловой трубке с помощью двух пробок из органического стекла. Ход сердечников должен составлять около 12 мм. Для получения необходимого хода указателя настройки используется шкив *3* на ручке настройки *1*. При диаметре оси *9* 1,7 мм и диаметре шкива

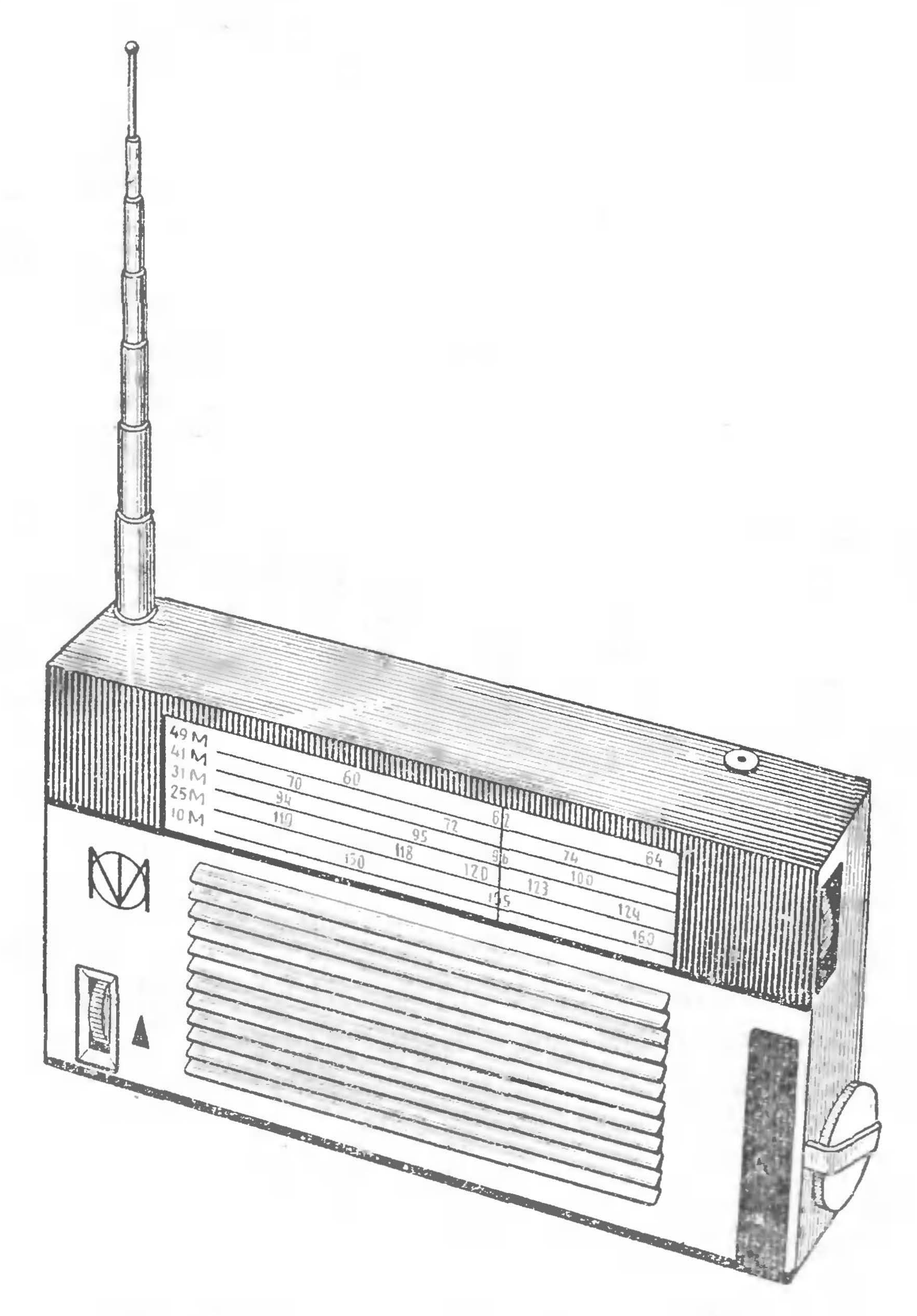


Рис. 4. Внешний вид радиоприемника

шкального устройства 16 мм два оборота ручки настройки соответствуют ходу указателя настройки около 95 мм. Ход указателя настройки ограничивается двумя упорами на подшкальнике.

Печатная плата и ферровариометры крепятся к П-образному шасси винтами М2. На одной боковой стороне шасси укреплены телескопическая антенна и конденсатор *С25*, а на другой — переключатель диапазонов с набором конденсаторов *С1—С10*. Шасси размещено в корпусе приемника (рис. 4). Боковые стенки корпуса склеены из черного органического стекла, задняя стенка и решетка изготовлены из белого полистирола. На задней крышке имеется отсек для батареи. Для экранировки задняя стенка оклеена с внутренней стороны медной фольгой. Шкала выгравирована на органическом стекле.

В приемнике можно использовать резисторы МЛТ-0,125, конденсаторы КЛС, КТ, КД, КМ-5, КМ-6, электролитические конденсаторы К-53. Переменный резистор СПЗ-4ВМ.

Вместо транзисторных сборок К2НТ173 можно применить другие четырехтранзисторные сборки, но следует учесть, что их цоколевка может быть иной, и это потребует изменения печатной платы.

Вместо транзисторов МП16Б можно применить МП39, МП40, МП41, МП42 и т. п. Вместо МП35 — МП37, МП38. Диод Д220 можно заменить любым кремниевым диодом, стабилитронами Д810, Д811, включенными в прямом направлении, и стабистором КС107.

Телескопическая антенна изготовлена из укороченной антенны от приемника «ВЭФ-12».

Намоточные данные катушек приведены в табл. 1. Длина намотки катушек *L1*, *L3* 22 мм. Катушку *L2* наматывают между витками катушки *L1*, а катушку *L4* — между витками катушки *L3*. Дроссель *Др1* намотан внавал. Выводы катушки *L1* и *L3* припаяны к лепесткам *11* ферровариометра.

Таблица 1

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Сердечник
L1	22 + 2	ПЭЛ 0,5	100НН ⌀ = 2,8 мм, *l* = 6 мм
L2	2,5	ПЭЛШО 0,2	100НН
L3	24	ПЭЛ 0,5	⌀ = 2,8 мм, *l* = 6 мм
L4	4	ПЭЛШО 0,2	
Др1	30	ПЭВ-1 0,09	Резистор МЛТ = 0,25

Налаживание приемника сводится к установке режимов транзисторов по постоянному току и сопряжению входных и гетеродинных контуров. Режимы транзисторов указаны в табл. 2.

Таблица 2

Напряжение на электродах, В	Обозначение по схеме											
	T1	*T2*	*T3*	*T4*	*T5*	*T6*	*T7*	*T8*	*T9*	*T10*	*T11*, T13,	*T12*
$U_э$	0,55	0,55	2,1	2,1	8,3	0	0,13	0,75	4,6	7,9	4,5	4,5
$U_б$	1,2	1,2	1,5	1,5	8,1	0,65	0,75	1,4	5,1	7,7	4,6	4,35
$U_к$	2,5	1,5	2,6	2,6	2,6	6,5	1,4	6,8	7,7	4,65	9,0	0

Настройка усилителя НЧ сводится к установке резистором *R22* на выходе усилителя напряжения, равного половине напряжения питания. Режимы остальных транзисторов устанавливаются автоматически. Второй и третий каскады усилителя ПЧ налаживания не требуют.

Напряжение на входе стабилизатора устанавливается подбором сопротивления резистора *R14* в пределах 2,6—2,7 В. Базовая цепь транзистора *T6* питается стабилизированным током через резистор *R12*, поэтому этот каскад настраивается после настройки стабилизатора напряжения.

В описываемом приемнике из-за малых размеров корпуса не применяются подстроечные конденсаторы, а сопряжение входных и гетеродинных контуров производится с помощью двух градуированных конденсаторов переменной емкости. Сопряжение производят в середине каждого диапазона, а затем вместо конденсаторов переменной емкости подпаивают постоянные конденсаторы. Необходимая емкость может быть получена путем параллельного или последовательного соединения конденсаторов. При использовании корпуса большого размера удобнее применить подстроечные конденсаторы. Это позволит быстрее и точнее выполнить сопряжение контуров.

КВ КОНВЕРТЕРЫ

В. Кокачев

В большинстве выпускаемых промышленностью и разработанных радиолюбителями карманных и переносных супергетеродинных радиоприемников отсутствуют коротковолновые диапазоны, что сильно ограничивает возможности радиоприемников, исключая прием большого числа отечественных и зарубежных радиовещательных станций. Многие радиолюбители, желая добиться приема в диапазоне коротких волн, переделывают один из имеющихся в приемнике (длинноволновый или средневолновый) диапазонов на коротковолновый. Такая модернизация сопряжена с определенными трудностями, поскольку влечет за собой переделку отдельных каскадов усилителя ВЧ, замену транзисторов на более высокочастотные и т. д. Гораздо проще к уже имеющемуся супергетеродинному приемнику изготовить коротковолновую приставку — конвертер, которая не требует никаких изменений в схеме и конструкции самого приемника и сохраняет оба его диапазона. В публикуемой ниже статье вниманию любителей предлагаются три таких конвертера: однодиапазонный, трехдиапазонный и пятидиапазонный. При их совместной работе с приемником настройка на принимаемую радиостанцию осуществляется ручкой настройки самого приемника. При этом его переключатель диапазонов должен быть установлен в положение «*СВ*», а выход приставки соединен с гнездом для подключения внешней антенны приемника.

Однодиапазонный конвертер (рис. 1) позволяет принимать программы радиовещательных станций в диапазоне 25 м. Прием может вестись как на штыревую телескопическую антенну длиной 0,5—1 м, так и на кусок провода длиной 2—5 м. Связь антенного контура *L1C2* с транзистором *T1* индуктивная, а с антенной емкостная. Емкость конденсатора связи *C1* следует подобрать для той антенны, с которой будет работать конвертер, в пределах от 20 до 50 пФ.

Преобразователь частоты выполнен по схеме с отдельным гетеродином, благодаря чему достигается устойчивая его работа во всем перекрываемом диапазоне. Смеситель собран на транзисторе *T1*, а гетеродин

2 6—3040

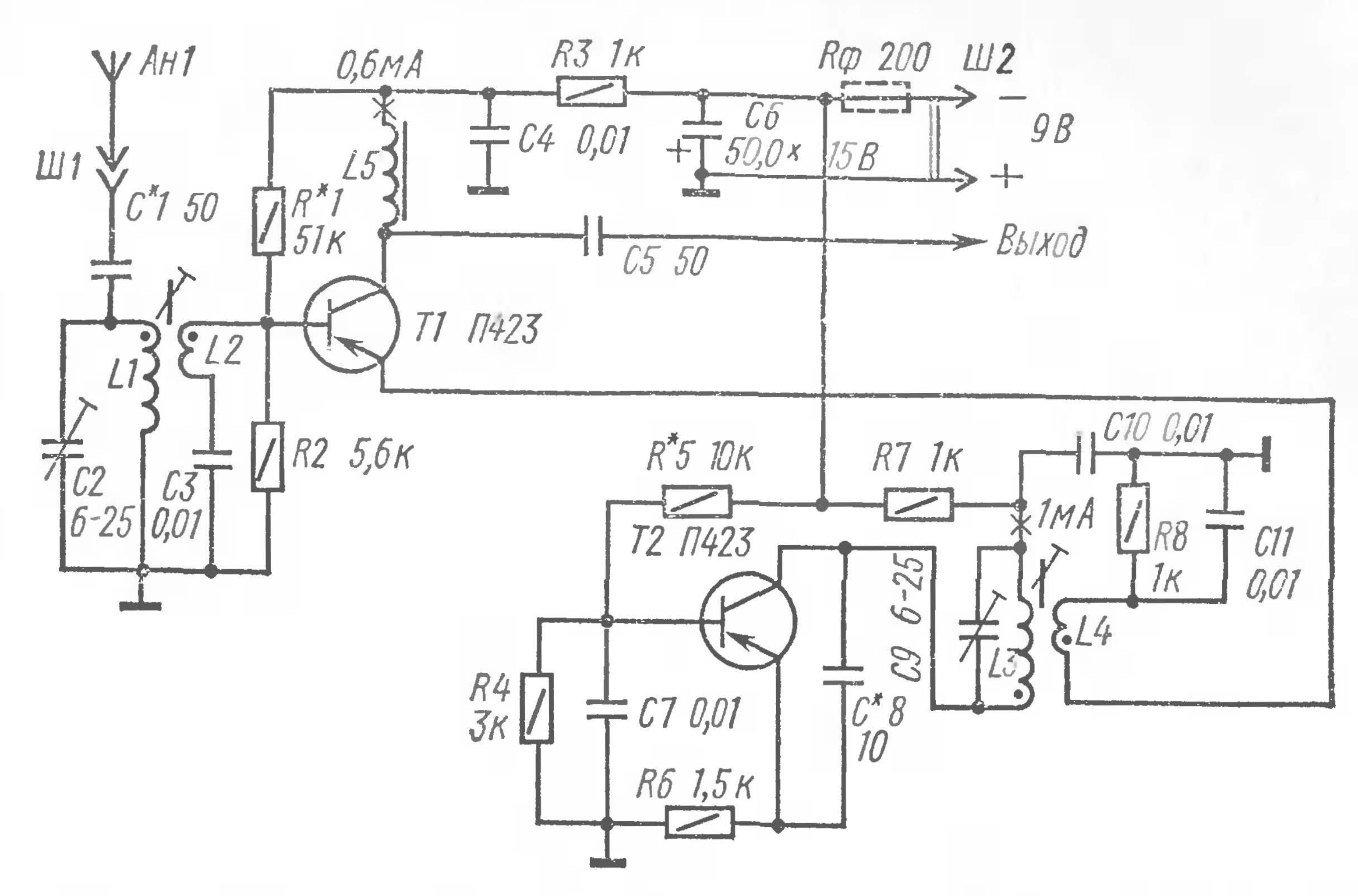


Рис. 1. Принципиальная схема однодиапазонного конвертера

на транзисторе *T2*. Режим транзистора *T1* по постоянному току определяется резисторами *R1*, *R2* и *R8* и в процессе налаживания конвертера устанавливается резистором *R1*.

Режим транзистора *T2* определяется резисторами *R4*, *R5*, *R6* и устанавливается резистором *R5*. По цепям питания оба каскада развязаны при помощи фильтра *R3C4*.

Конвертер может питаться как от автономной батареи, например 7Д-0,1 или «Крона-ВЦ», так и от батареи приемника. Потребляемый ток не превышает 2 мА. При питании от автономной батареи ее следует зашунтировать конденсатором *C6*. Если же конвертер предполагается питать от батареи приемника, то в конвертер необходимо ввести резистор $R_ф$. Этот резистор совместно с конденсатором *C6* образует фильтр, предотвращающий паразитную связь между приемником и конвертером по цепям питания.

Конвертер собран на монтажной плате, изготовленной из одностороннего фольгированного стеклотекстолита или гетинакса толщиной 1,5—2 мм (рис. 2). Отверстия диаметром 1,2 мм служат для установки и распайки выводов транзисторов, резисторов и постоянных кон-

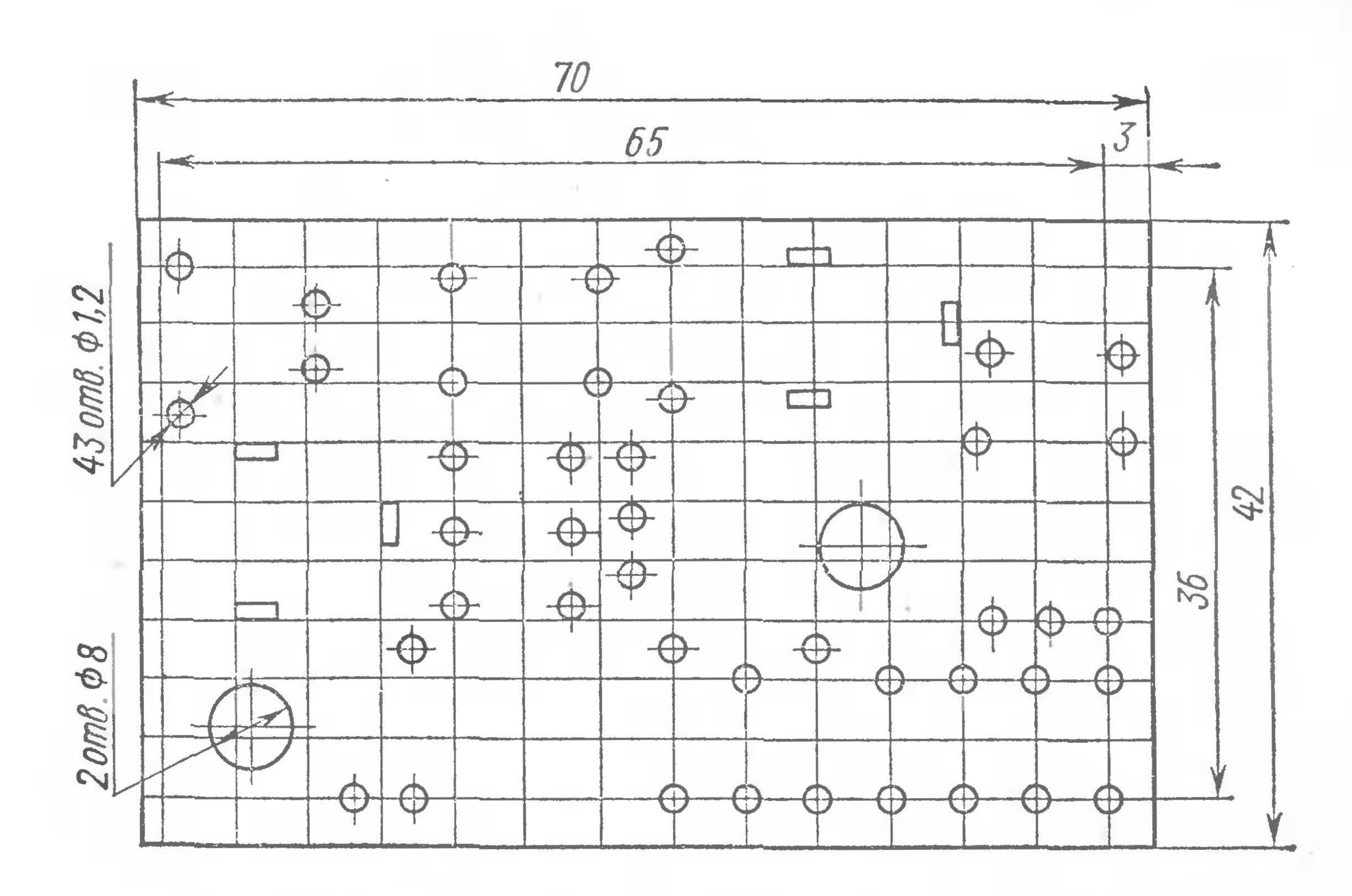


Рис. 2. Разметка платы однодиапазонного конвертера

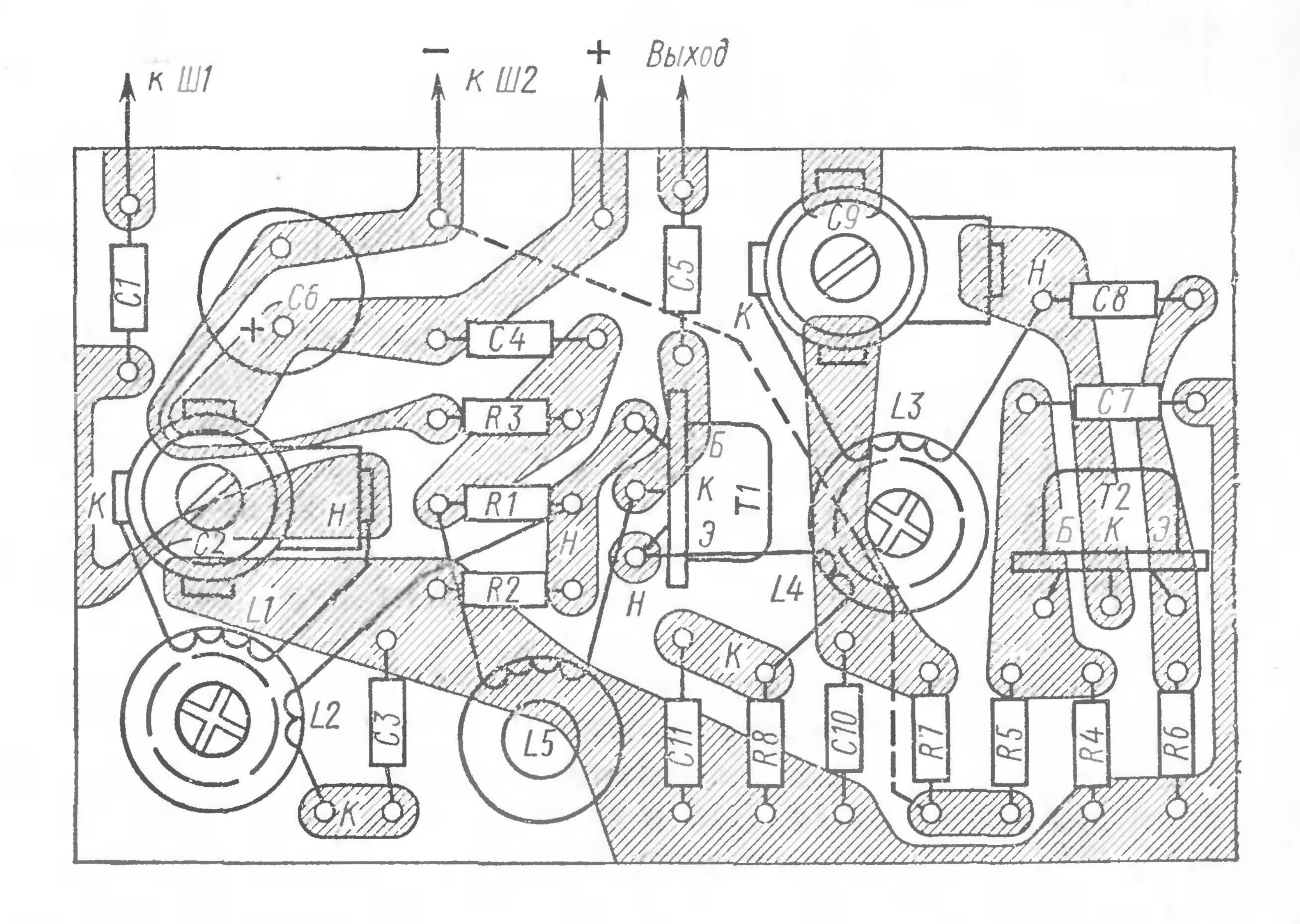


Рис. 3. Монтажная плата однодиапазонного конвертера

денсаторов. Подстроечные конденсаторы устанавливают в прямоугольные пазы размером 1 × 3 мм. Два отверстия диаметром 8 мм служат для установки цилиндрических каркасов контурных катушек.

Расположение деталей на монтажной плате показано на рис. 3. На этом же рисунке приведен печатный монтаж, который находится со стороны, противоположной установленным деталям. Соединение, обозначенное на рисунке пунктирной линией, выполняется любым проводом в изоляции.

Контурные катушки намотаны на стандартных полистироловых каркасах диаметром 8 мм от любого лампового промышленного приемника с подстроечным сердечником диаметром 2,8 мм из феррита марки 100 НН или 100 ВЧ. Каркасы со стороны прямоугольной части с впрессованными выводами отрезают, укорачивают до длины 20 мм и вклеивают в отверстия платы с помощью полистиролового клея или клея БФ. Контурные катушки *L1* и *L3* наматывают вблизи основания каркасов, а катушки связи *L2* и *L4* — на подвижных каркасах, изготовленных из кабельной бумаги. Катушка *L1* содержит 13, а катушка *L3* 12 витков провода ПЭЛШО 0,41. Катушки *L2* и *L4* содержат по 3 витка провода ПЭЛШО 0,12.

Дроссель *L5* наматывают на ферритовом кольце с внешним диаметром 8—10 мм марки 600 или 1000 НН и приклеивают к плате клеем БФ-2. Его обмотка содержит 300 витков провода ПЭЛ или ПЭВ-1 диаметром 0,1—0,12 мм.

Кроме перечисленных в конвертере используются следующие детали: резисторы УЛМ-0,12 или МЛТ-0,25; конденсаторы *С3*, *С4*, *С7*, *С10* и *С11* — КЛС или КДС; *С1*, *С5* и *С8* — КТМ или КТ-1А; *С6* — К50-6; *С2* и *С9* — КПК-1 или КПК-1М емкостью 6—25 или 5—20 пФ.

Транзисторы П423 можно заменить на П403, П410 или ГТ308. Рекомендуемый коэффициент передачи тока $B_{ст}$ = 60—80.

Трехдиапазонный конвертер (рис. 4) по схеме аналогичен однодиапазонному и отличается от него введением нескольких новых элементов, в частности переключателя диапазонов *В1а*, *В1б* и конденсаторов *С2*, *С3*, *С10*, *С11*, *С15*—*С18*, позволивших осуществить прием радиовещательных программ еще в двух коротковолновых диапазонах — 31 и 41 м.

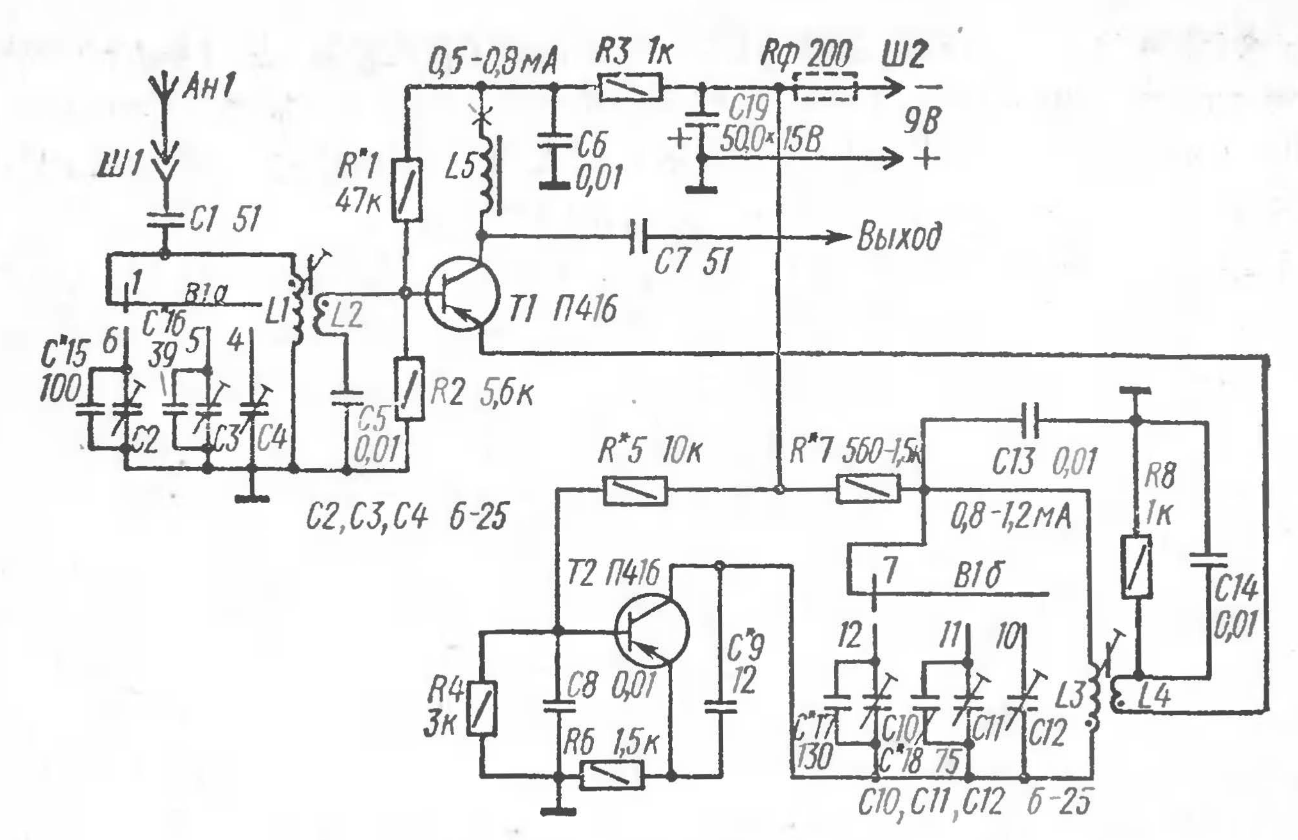


Рис. 4. Принципиальная схема трехдиапазонного конвертера

Конвертер смонтирован на плате из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 2 мм (рис. 5). Конфигурация платы обусловлена использованием конвертера совместно с радиоприемником «Атмосфера» (со стороны размещения деталей конвертер закрывался экраном и устанавливался на боковой стенке внутри корпуса приемника вблизи антенного входа). Ручка переключения диапазонов при этом выводилась на наружную боковую стенку.

Расположение деталей на монтажной плате этого конвертера показано на рис. 6. Точки, обозначенные на рис. 6 стрелками с индексом «*0*», соединяют изолированным экранированным проводом.

Намоточные данные катушек индуктивности трехдиапазонного конвертера те же, что и однодиапазонного конвертера. Диапазоны переключают с помощью одноплатного малогабаритного переключателя ПМ 5П-2Н, в котором использованы только три положения. Конденсаторы *С15*—*С18* могут быть КТМ или КТ-1А. Они распаяны непосредственно на соответствующих подстроечных конденсаторах и на рис. 6 не показаны.

Пятидиапазонный конвертер (рис. 7) от описанных выше конвертеров отличает наличие пяти диапазонов (25, 31, 41, 49 и 52 м) и дополнительного каскада усилителя ВЧ, выполненного по апериодической схеме на транзисторе *Т3*. Нагрузкой этого каскада служит дрос-

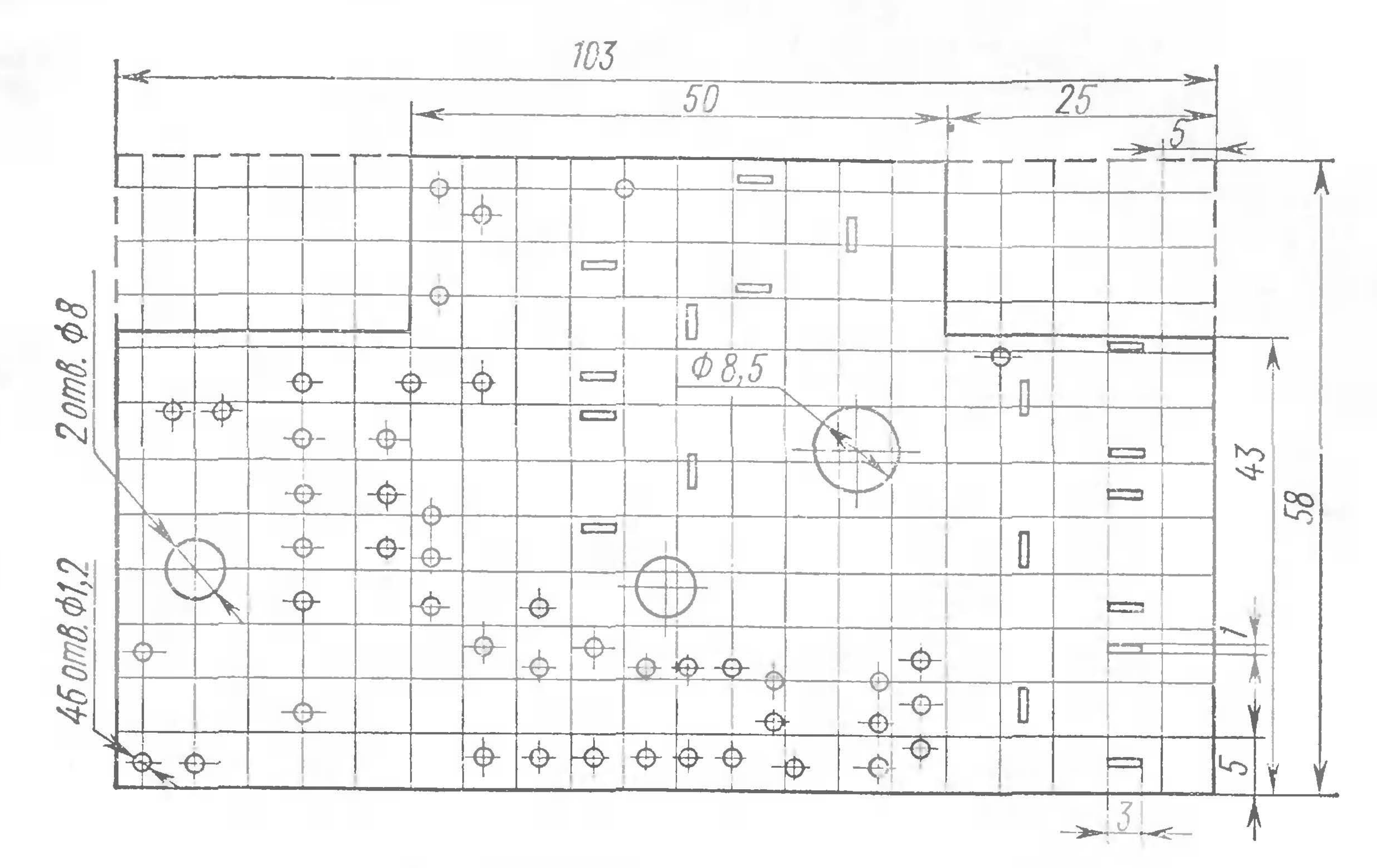


Рис. 5. Разметка платы трехдиапазонного конвертера

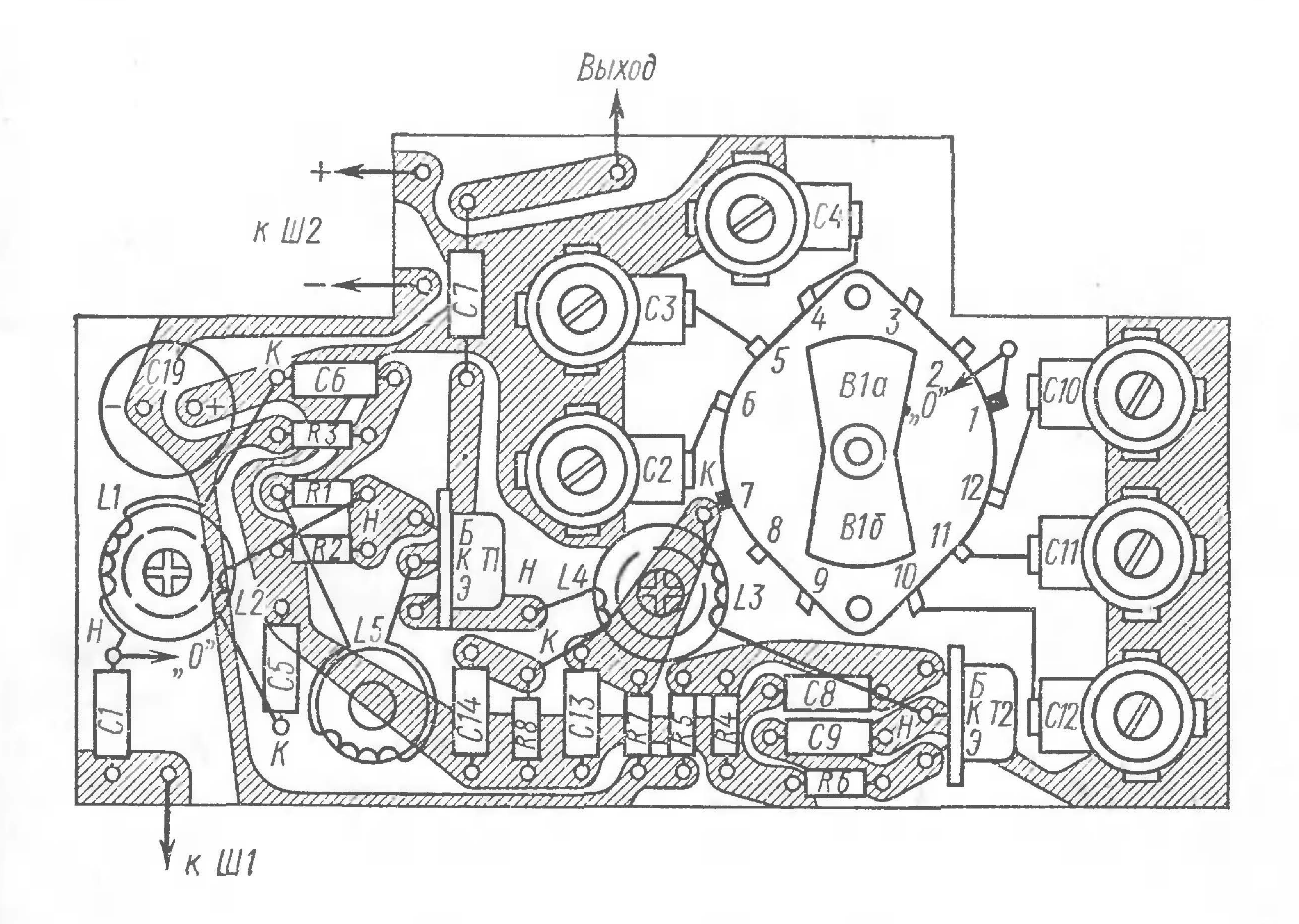


Рис. 6. Монтажная плата трехдиапазонного конвертера

сель $L7$ с последовательно включенным резистором $R6$. Связь конвертера со входом приемника емкостная через конденсатор $C29$.

Преобразователь частоты конвертера выполнен по схеме с отдельным гетеродином ($T1$ — смеситель, $T2$ — гетеродин). Напряжение гетеродина подается на эмиттер смесителя, входной сигнал на его базу.

По цепям питания каскады конвертера развязаны фильтрами $R2C20$, $R4C25$ и $R5C24$. При питании конвертера от батареи приемника функции фильтра выполняют резистор $R6$ и конденсатор $C28$. Для стабилизации работы конвертера при изменении напряжения питания батарея шунтируется стабилитроном $Д1$. Ток, потребляемый конвертером в рабочем режиме, не превышает 3 мА.

Пятидиапазонный конвертер выполнен на плате из одностороннего фольгированного стеклотекстолита тол-

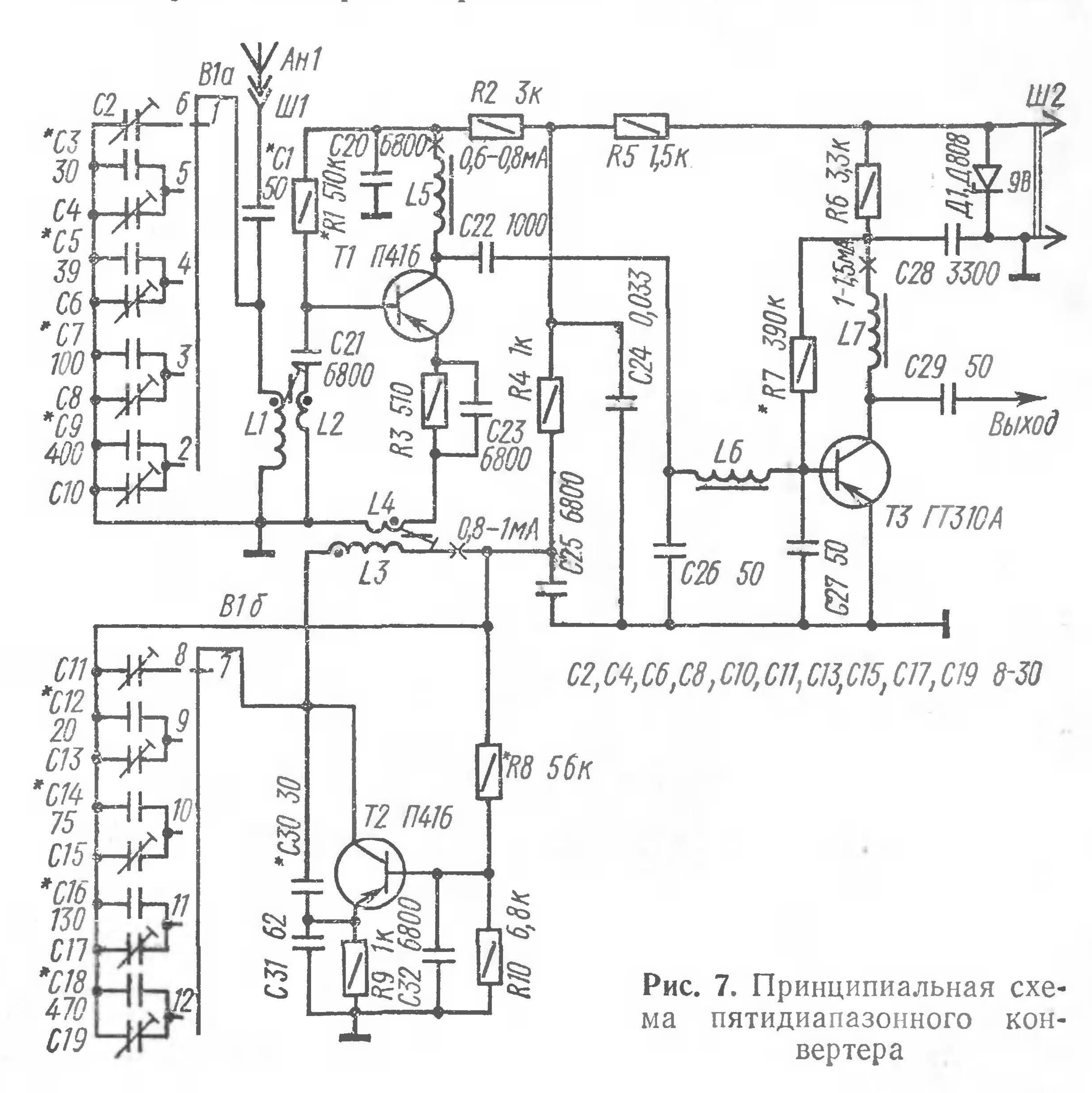


Рис. 7. Принципиальная схема пятидиапазонного конвертера

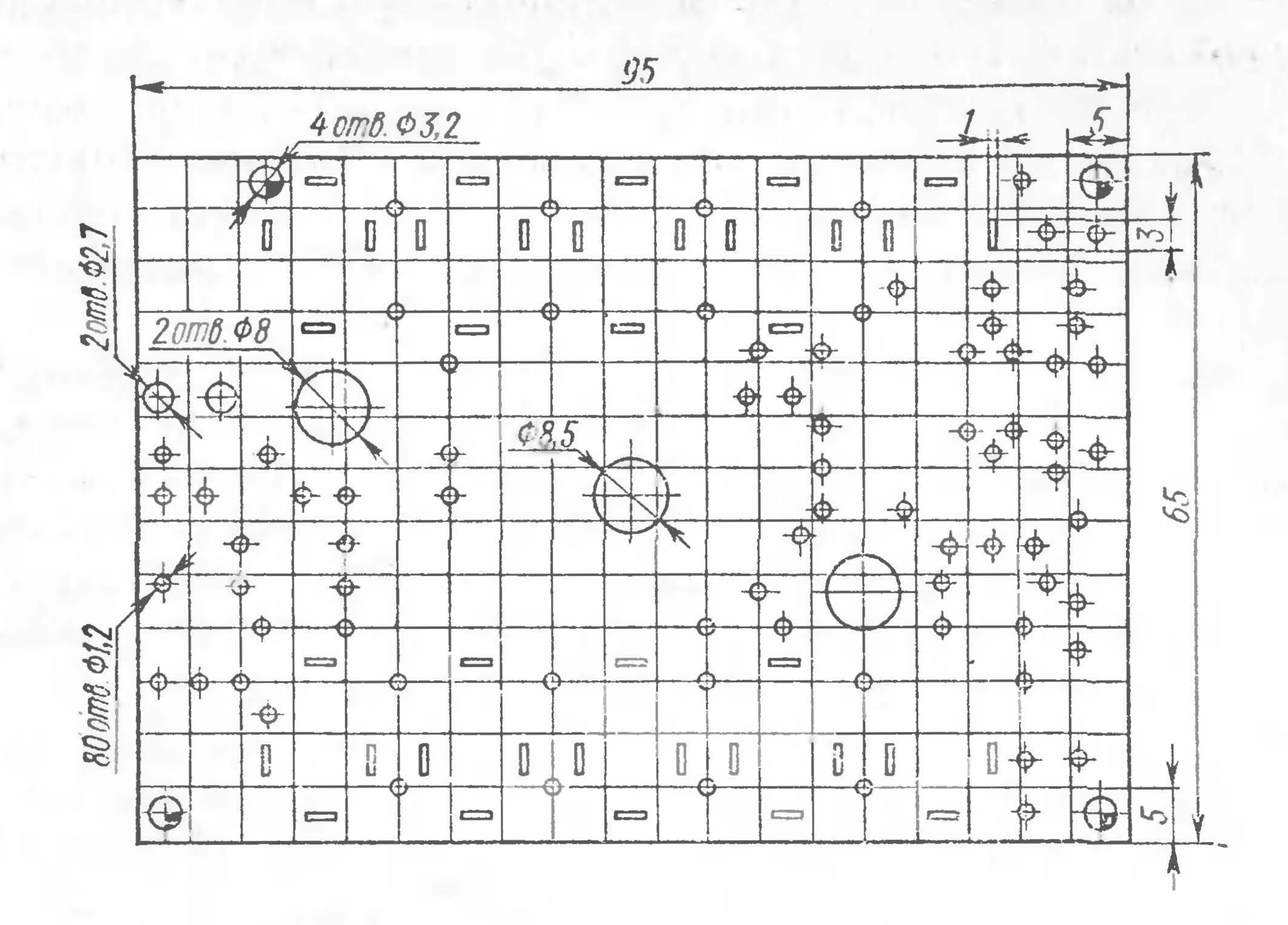


Рис. 8. Разметка платы пятидиапазонного конвертера

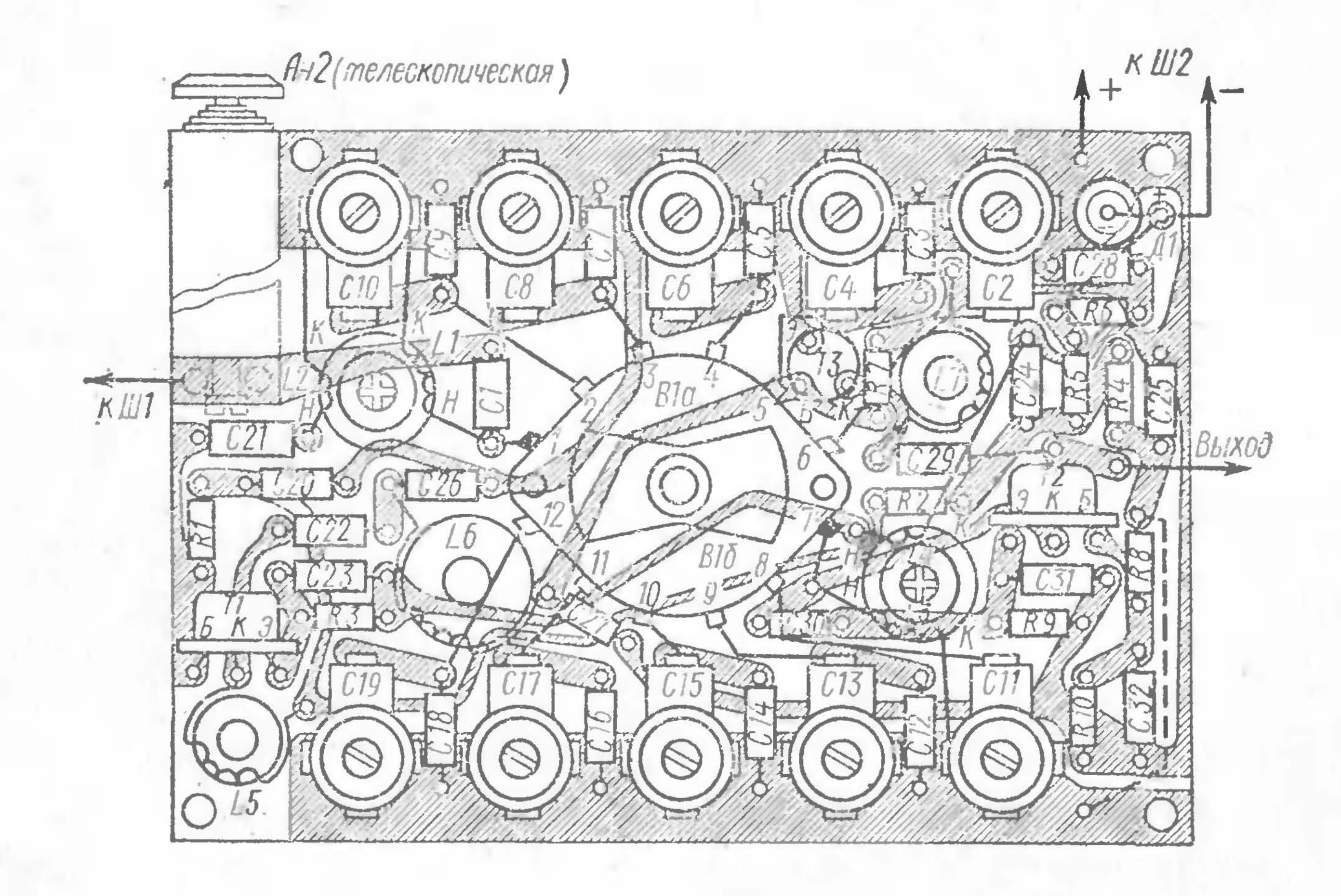


Рис. 9. Монтажная плата пятидиапазонного конвертера

щиной 2 мм (рис. 8). Для установки на плате телескопической антенны предусмотрены два отверстия диаметром 2,7 мм, в которых винтами М2,5 крепится контактная стойка из латуни или дюралюминия. Головки винтов должны иметь надежный контакт с токопроводящей шиной печатной платы, соединенной с конденсатором *C1*.

Размещение деталей на монтажной плате показано на рис. 9. Соединения, обозначенные на рисунке пунктирными линиями, выполняют проводом в изоляции со стороны печатного монтажа. Диод *Д1* устанавливают на плате вертикально и впаивают в опорную точку анодным выводом вниз. Дроссели *L5*, *L6* и *L7* приклеивают к плате полистироловым клеем или клеем БФ.

Контурные катушки *L1* и *L3* с соответствующими катушками связи *L2* и *L4* наматывают на таких же каркасах, как и в описанных выше конвертерах. Катушка *L1* содержит 14, а *L3* — 10 витков провода ПЭВ-1 0,51. Катушки *L2* и *L4* наматывают на подвижных каркасах, изготовленных из кабельной бумаги. Они содержат соответственно 3 и 2 витка провода ПЭЛШО 0,12. Намотка всех катушек рядовая, виток к витку. Катушки *L5* и *L7* наматывают на ферритовых кольцах марки 2000 НН и 600 НН соответственно с внешним диаметром 7—8 мм. Обмотка катушки *L5* содержит 35 витков провода ПЭЛШО 0,2, а катушки *L7* — 50 витков провода ПЭЛШО 0,12.

Катушка *L6* намотана внавал на трехсекционном каркасе, помещенном в броневой карбонильный сердечник СБ-12а. Ее обмотка содержит 165 витков провода ПЭВ-0,12.

Для переключения диапазонов использован малогабаритный одноплатный переключатель ПМ 5П-2Н. Его можно заменить переключателем от промышленных транзисторных приемников, например, переключателем П2Г от приемника «Соната». Транзисторы П416 можно заменить П403 или ГТ308; ГТ310А — ГТ309 или ГТ310 с любыми буквенными индексами. Коэффициент передачи тока $B_{ст}$ всех транзисторов не должен превышать 80.

Кроме указанных деталей в конвертере используют подстроечные конденсаторы КПК-1 или КПК-1М емкостью 6—25 или 8—30 пФ, конденсаторы постоянной емкости *C1*, *C3*, *C5*, *C9*, *C12*, *C14*, *C16*, *C18*, *C26*, *C27*, *C29*, *C30* и *C31* — КМ, КТМ или КТ-1А; *C20*, *C21*, *C22*,

С23, *С24*, *С25*, *С28* и *С32* — КЛС или КДС; резисторы — МЛТ-0,125, МЛТ-0,25 или УЛМ-0,12; диод *Д1* — Д808, заменять его не рекомендуется.

Налаживание конвертеров начинают с проверки режимов транзисторов по постоянному току в соответствии с указанными на принципиальных схемах. При необходимости режим транзистора *Т1* устанавливают подбором сопротивления резистора *R1*, транзистора *Т2* — подбором сопротивлений резисторов *R5* (см. рис. 1 и 4) и *R8* (см. рис. 7), а транзистора *Т3* — подбором сопротивления резистора *R7* (см. рис. 7).

Настройка гетеродина сводится к проверке генерации на соответствующих частотах КВ поддиапазонов (12,9 МГц — 25 м; 10,6 МГц — 31 м; 8,3 МГц — 41 м; 7,3 МГц — 49 м и 6,7 МГц — 52 м). Генерацию проверяют с помощью лампового вольтметра по изменению напряжения на коллекторе транзистора гетеродина или с помощью осциллографа, наблюдая сигнал на контуре гетеродина или на катушке связи. При отсутствии генерации на всех поддиапазонах необходимо поменять местами подпайку выводов катушки связи *L4*, а при отсутствии генерации на каком-либо участке поддиапазонов следует подобрать емкость конденсаторов обратной связи *С8* (см. рис. 1), *С9* (см. рис. 4) и *С30* (см. рис. 7). Методика настройки контуров гетеродина на фиксированные частоты поддиапазонов и сопряжение входных контуров с гетеродинными не отличаются от соответствующей методики настройки контуров растянутых КВ диапазонов транзисторных приемников, неоднократно описанных в радиотехнической литературе. Разница лишь в том, что собственная частота генерации входного контура должна отличаться от частоты контура гетеродина не на 465 кГц (промежуточная частота приемников), а на 930 кГц, поскольку работа описываемых конвертеров основана на принципе двойного преобразования частоты.

В процессе настройки контуров гетеродина и сопряжения промодулированный по частоте сигнал от ГСС (например, Г4-18А или ГСС-6) подают через конденсатор *С1*, а напряжение контролируют на выходе конвертера по максимальным показаниям высокоомного вольтметра.

Для получения оптимального режима преобразования частоты по переменному току каркасы с катушками *L2*

и *L4* перемещают вдоль каркасов контурных катушек таким образом, чтобы амплитуда напряжения гетеродина на эмиттере смесителя (транзистор *Т1*) составляла примерно половину напряжения смещения на его базе, т. е. 80—120 мВ; причем амплитуда напряжения гетеродина, подводимого к смесителю, с повышением частоты поддиапазона должна увеличиваться, а с понижением — уменьшаться.

И в заключение следует отметить, что выполненные из заведомо исправных деталей и правильно смонтированные конвертеры при соблюдении режимов транзисторов по постоянному току начинают работать сразу, и налаживание их сводится к подстройке частоты гетеродина и установке поддиапазонов.

ЗВУКОВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ

МАЛОГАБАРИТНЫЙ СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЙ УСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ ЛЮБИТЕЛЬСКОГО РАДИОКОМПЛЕКСА

И. Топилин

Усилитель (рис. 1) предназначен для работы в стереофоническом радиокомплексе. Чувствительность его со входа радиоприемника 50 мВ, со входа магнитофона 25 мВ, со входа электропроигрывающего устройства с корректирующим усилителем 500 мВ при входном сопротивлении соответственно 200, 500 и 500 кОм. Номинальная выходная мощность каждого канала усилителя 8 Вт на нагрузке 8 Ом и 14 Вт на нагрузке 4,5 Ом при коэффициенте нелинейных искажений не более 1,5%. Выходное сопротивление каждого канала около 0,3 Ом. Номинальное сопротивление нагрузки 8 Ом. Диапазон рабочих частот 25—15 000 Гц. Отношение сигнал/шум не менее 58 дБ, переходное затухание между каналами 40 дБ в полосе частот 50—8000 Гц. Регулировка тембра раздельная по низшим и высшим звуковым частотам. Диапазон регулировки ± 15 дБ.

Стереоусилитель имеет гнезда для подключения телефонов, предусмотрена возможность работы в режиме *«моно»* с удвоенной выходной мощностью на два громкоговорителя и с номинальной мощностью на один.

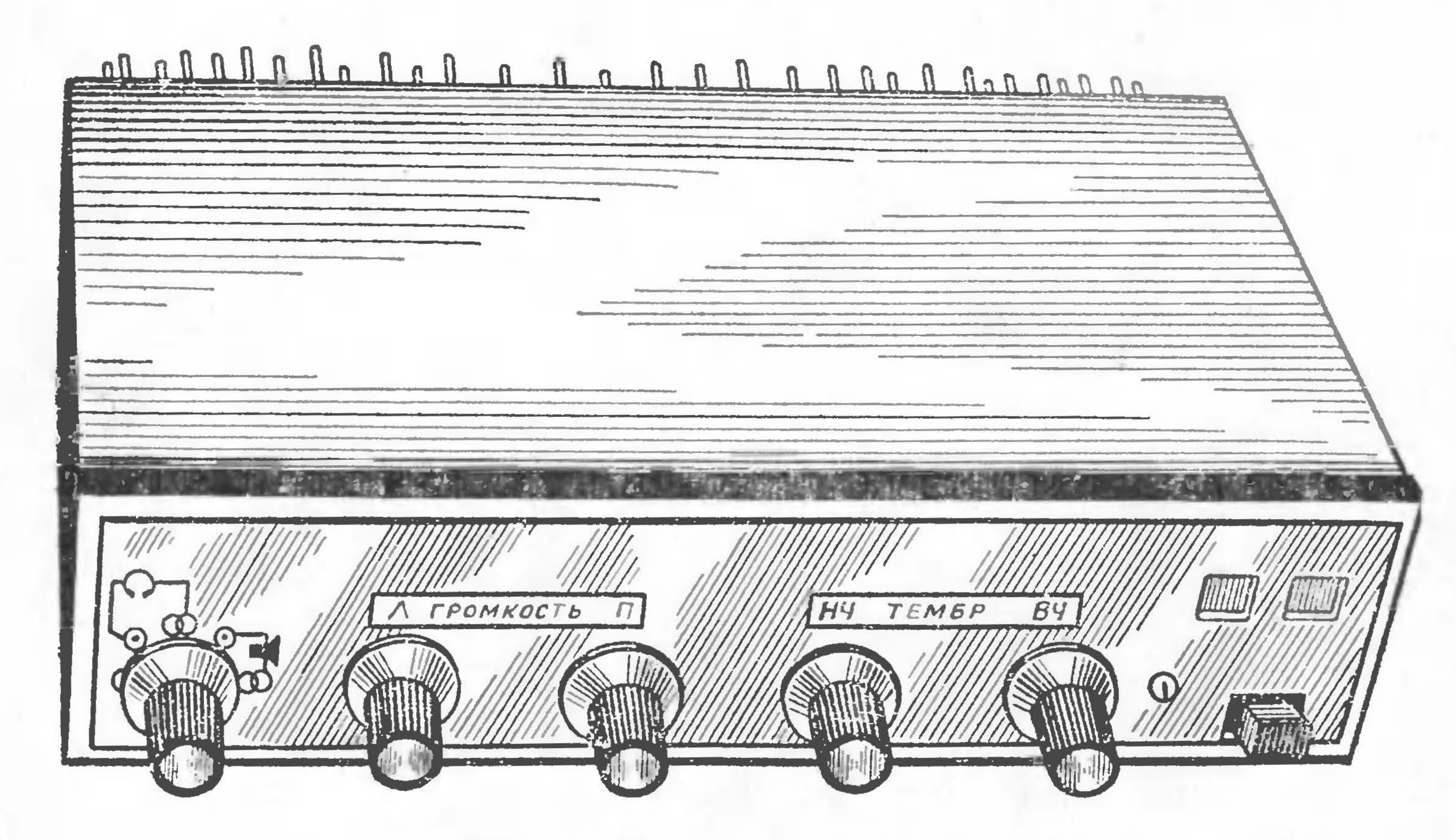


Рис. 1. Внешний вид усилителя

Рис. 2. Принципиальная схема усилителя

Размер усилителя 240 × 140 × 65 мм, масса 2,3 кг. Питается усилитель от сети переменного тока напряжением 127 и 220 В. Максимальная потребляемая мощность 42 Вт.

Принципиальная схема одного канала стереоусилителя показана на рис. 2.

Входные сигналы через соответствующие делители напряжения, разделительный конденсатор *C1* и регулятор громкости *R1* поступают на предварительный усилитель, собранный на транзисторах *T1—T4*. Он включает два усилительных каскада и мостовой регулятор тембра. Каждый каскад представляет собой универсальную усилительную ячейку на транзисторах различной структуры. Благодаря глубокой отрицательной обратной связи обе ячейки имеют весьма стабильные параметры, не зависящие от изменения температуры и питающих напряжений, а также широкую полосу пропускания даже при использовании транзисторов с низкой граничной частотой. Автором во входной ячейке использованы кремниевые транзисторы, имеющие минимальный коэффициент шума, однако их вполне можно заменить на другие транзисторы соответствующей структуры, выбрав из них наименее шумящие. Питается предварительный усилитель от стабилизированного источника питания напряжением + 30 В через развязывающие фильтры *R15C10* и *R11C6*. Тембр регулируется резисторами *R6*, *R8*.

Оконечный усилитель собран на транзисторах *T5 — T9* по стандартной схеме, обеспечивающей необходимую стабильность параметров. Для снижения нелинейных искажений усилитель охвачен отрицательной обратной связью, напряжение которой снимается с выхода усилителя и через цепь *R23C15* подается на базу транзистора *T5*. Конденсаторы *C13*, *C15* устраняют самовозбуждение оконечных каскадов на ультразвуковых частотах. Диод *Д1* предназначен для термостабилизации начального тока выходных транзисторов. Если усилитель предполагается использовать в большом температурном диапазоне, диод *Д1* желательно заменить двумя диодами — германиевым и кремниевым, соединенными последовательно, что улучшит термостабильность оконечных каскадов.

Стабилизатор напряжения представляет собой упрощенный вариант стабилизатора, опубликованного в журнале «Радио», 1974, № 10, с. 46. При изменении напряжения сети от 250 до 140 В выходное напряжение стабилизатора меняется от 31 до 30 В. Уровень пульсаций напряжения на выходе стабилизатора не превышает 50—60 мВ. В усилителе предусмотрена защита выходных транзисторов от короткого замыкания в нагрузке. При увеличении тока нагрузки более 1,2 А транзисторы стабилизатора закрываются, полностью обесточивая усилитель.

Индикация включения усилителя и короткого замыкания в нагрузке осуществляется лампами *Л1*, *Л2*.

При включении усилителя в сеть срабатывает реле *P1* и загорается лампа *Л2*. Если на выходе стабилизатора напряжение исчезнет, контакты реле включат лампу *Л1*, и она загорится, сигнализируя о перегрузке усилителя или коротком замыкании в нагрузке.

Конструктивно усилитель выполнен в виде трех блоков: усилителя, регуляторов тембра и питания. Все блоки укреплены на основании из листового дюралюминия толщиной 2,5 мм размером 240 × 120 мм (рис. 3).

Блок усилителей (рис. 4) состоит из игольчатого радиатора, на внутренней стороне которого на стойках длиной 25 мм укреплены печатные платы усилителей обоих каналов и термостабилизирующие диоды. Диоды должны иметь хороший тепловой контакт с поверхностью радиатора. На внешней стороне радиатора размещены выходные транзисторы, причем транзистор *T8* укреплен через изолирующие прокладки из фторопласта толщиной 20 мкм. Радиатор изготовлен из пластины дюралюминия размером 240 × 80 × 4 мм. Способ изготовления описан в журнале «Радио», 1975, № 2, с. 54. К основанию радиатор крепится с помощью двух уголков.

В блок регулировки тембра входят переменные резисторы *R1*, *R6*, *R8*, а также детали, относящиеся к цепям регулировки тембра и громкости, и переключатель *B1*. Все детали смонтированы на дюралюминиевом уголке, прикрепленном к основанию двумя винтами.

Блок питания состоит из трансформатора *Тр1*, стабилизатора (рис. 5), устройства индикации, выключателя сети *B2* и предохранителя *Пр1*. Плата стабилизатора крепится на основании усилителя винтом и гайкой М3, а выключатель питания с устройством индикации — на дюралюминиевом уголке.

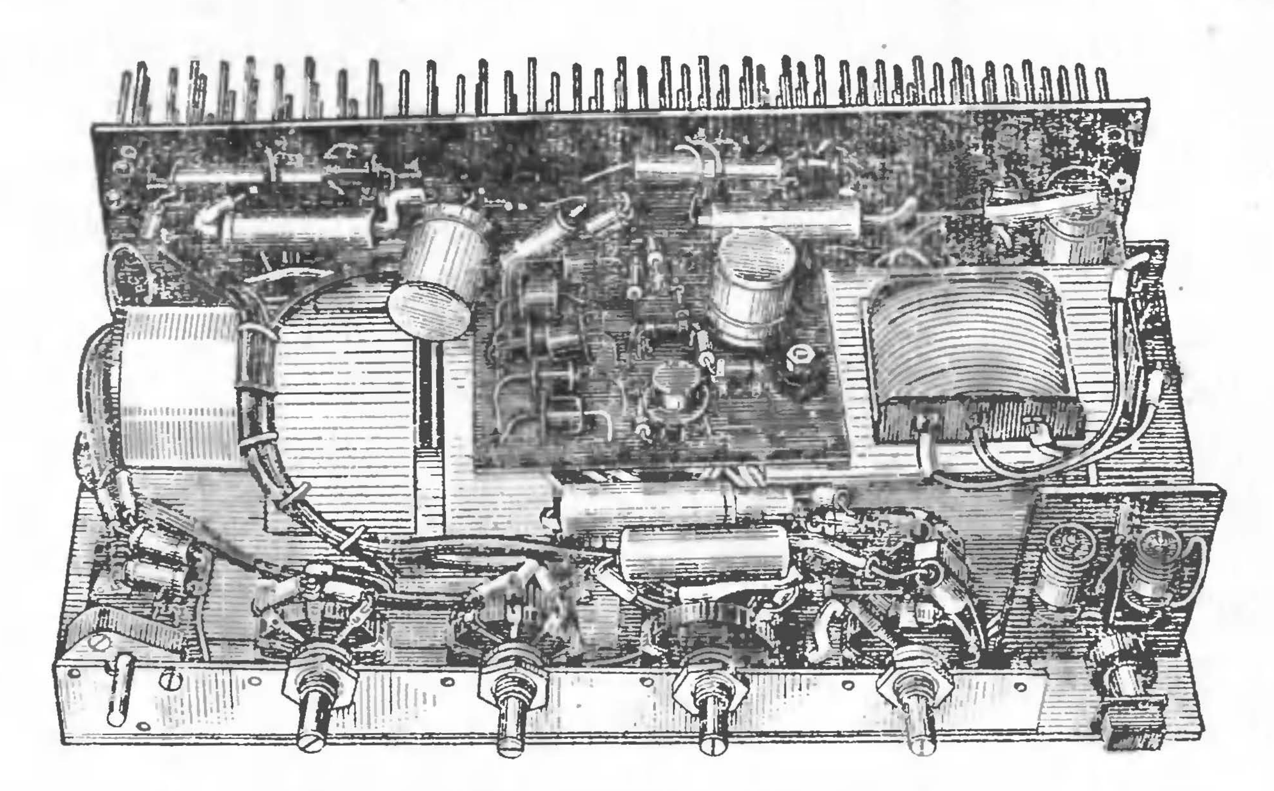


Рис. 3. Конструкция усилителя

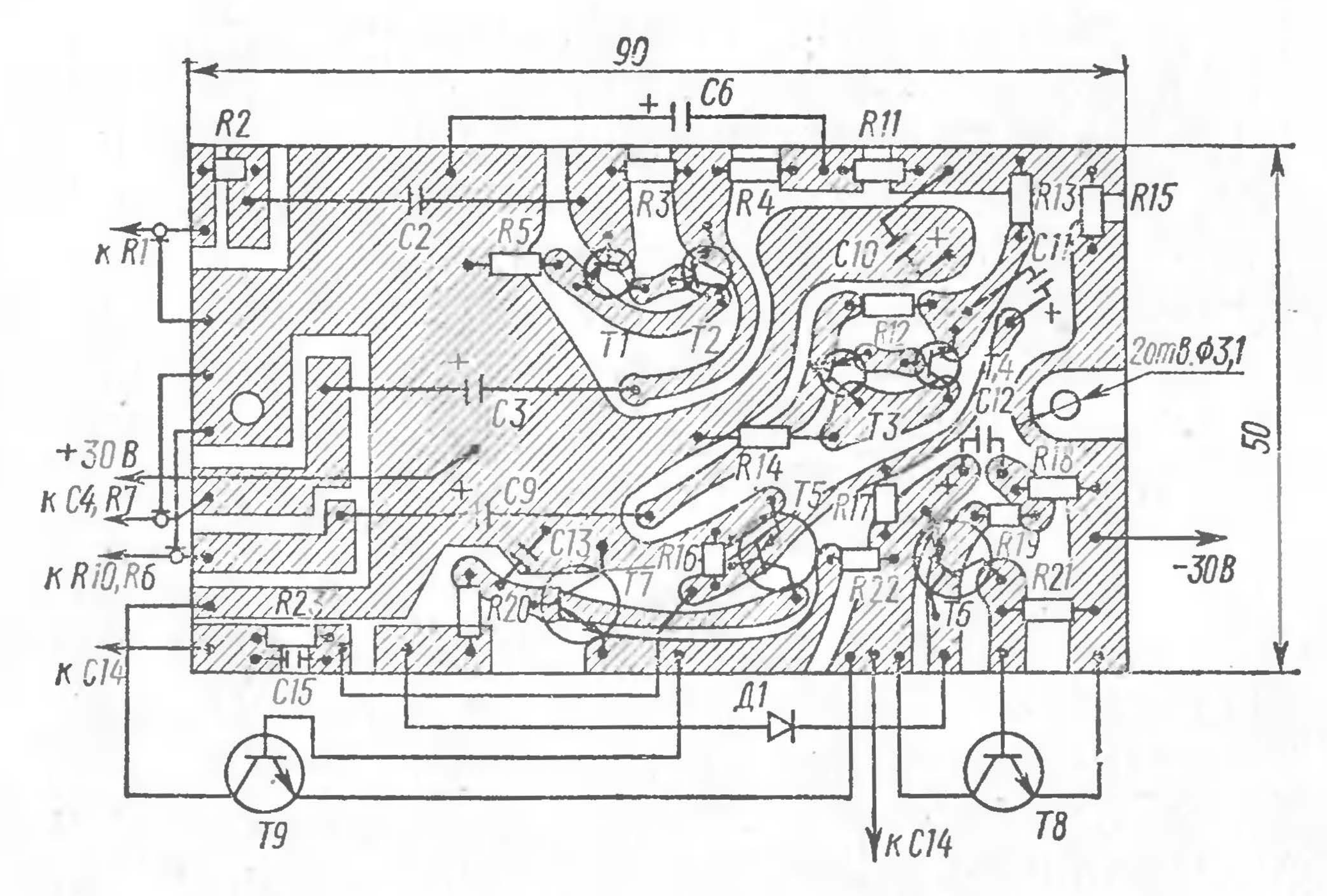


Рис. 4. Монтажная плата усилителя

В усилителе применены широко распространенные детали. Резисторы УЛМ-0,12, МЛТ-0,125, МЛТ-0,5; конденсаторы *C1*—ЭМИ, *C2*, *C4*, *C5*, *C7*, *C8*—МБМ, *C3*, *C6*, *C9* — К50-3, С10, *C11*, *C12*, *C16* — К50-6, *C14*, *C17* — ЭГЦ, *C13*, *C15* — КТК-М. Переменные резисторы: *R1*—СП-1В, а *R6*, *R8* — СП-1А. Малогабаритный переключатель диапазонов *B1* — от приемников «Меридиан», «Россия». Выключатель питания — кнопочный от настольных ламп. Реле *P1* — РЭС-10, паспорт РС4.524.301. Трансформатор питания самодельный, выполнен на магнитопроводе ШЛ20×32, обмотка *1-2* содержит 950 витков провода ПЭВ-1 0,23, *2-3* — 700 витков ПЭВ-1 0,2, *4-5* — 190 витков и *5-6* — 45 витков провода ПЭВ-1 0,55.

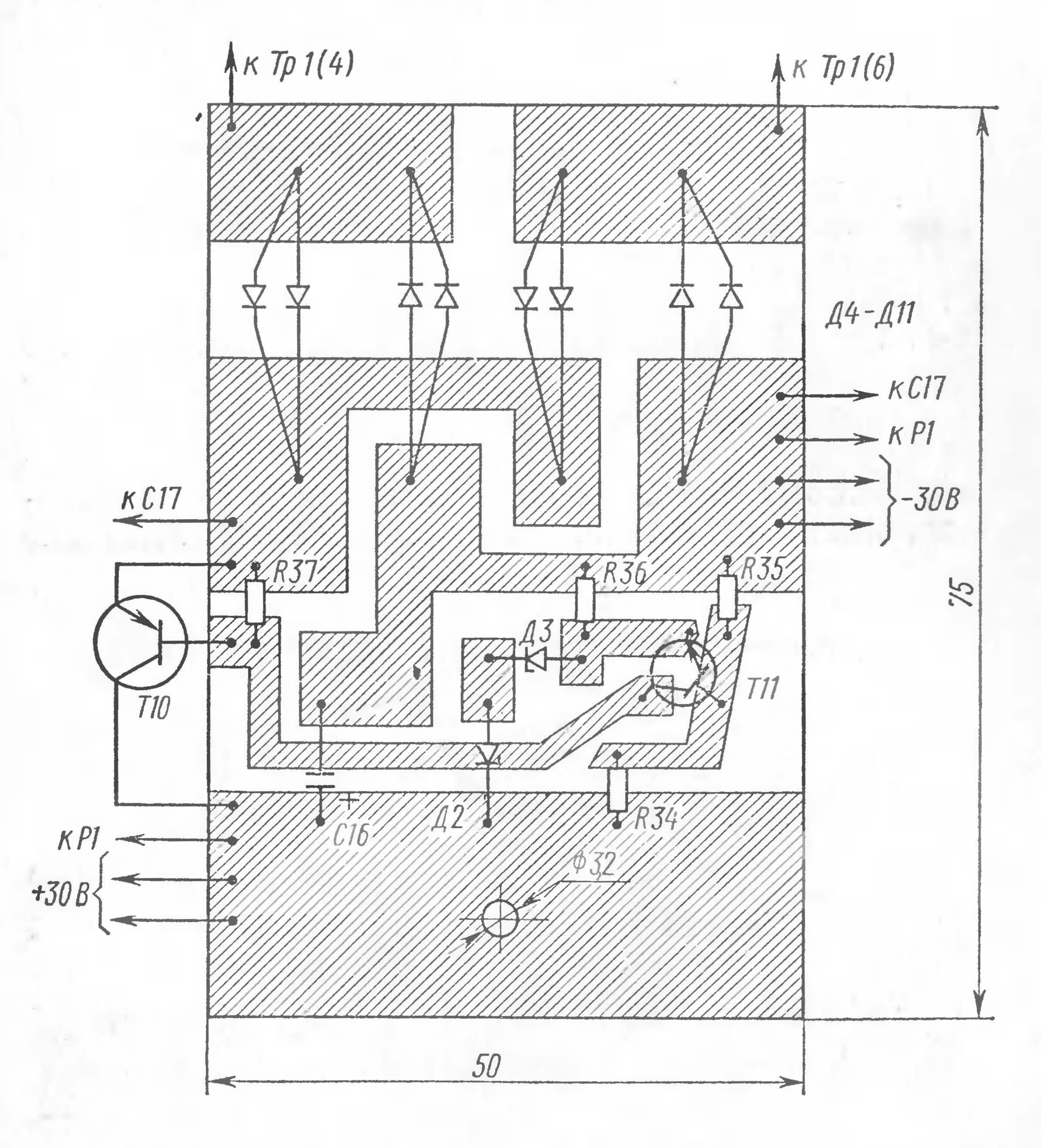


Рис. 5. Монтажная плата стабилизатора напряжения

Транзисторы усилителя должны иметь коэффициент $B_{ст}$ в следующих пределах: *T1—T4* — 60—80, *T5—T7* — 40—50, *T8—T9* — 10—15, *T10* — 5—10, *T11* — 30—50.

Налаживание усилителя желательно начинать с блока питания. Включив усилитель в сеть, подбором сопротивления резистора *R34* на выходе стабилизатора следует установить напряжение 30 В. Далее, подключив к выходу стабилизатора амперметр с пределами измерения 2—3 А, необходимо убедиться в работоспособности системы защиты. При исправной работе системы защиты ток через амперметр должен отсутствовать.

После этого можно приступить к налаживанию оконечных каскадов усилителя, руководствуясь общепринятой методикой. Подробно с ней можно познакомиться в журнале «Радио», 1970, № 2, с. 29—30. Ток покоя оконечных каскадов должен быть в пределах 20—30 мА, а общий ток, потребляемый усилителем одного канала в режиме молчания, 28—38 мА.

Предварительные усилители налаживают, подбирая сопротивления резисторов *R3, R12* так, чтобы на эмиттерах транзисторов *T2, T4* установились напряжения, указанные на принципиальной схеме. Если выяснится, что усилитель возбуждается на ультразвуковых частотах в верхнем положении движка *R1*, необходимо параллельно резистору *R3* подключить конденсатор емкостью 10—20 пФ, который, практически не влияя на частотную характеристику усилителя, устраняет самовозбуждение входного каскада.

Далее усилитель проверяется на соответствие параметрам, указанным в начале статьи. На этом настройку можно считать законченной.

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ДВУХКАНАЛЬНЫЙ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ НЧ

Д. Атаев

Как показывает практика, для получения хорошей частотной характеристики любое электропроигрывающее устройство и с электромагнитным, и с пьезоэлектрическим звукоснимателем необходимо дополнить корректирующим предварительным усилителем.

Дело в том, что электромагнитные звукосниматели, обладая хорошими динамическими свойствами (гибкость подвижной системы), имеют небольшую (около

1 мВ с/см) чувствительность и требуют специальной частотной коррекции в усилительном тракте. При использовании же наиболее распространенных в настоящее время пьезоэлектрических звукоснимателей входное сопротивление усилителя воспроизведения для нормальной передачи сигналов в области низких звуковых частот должно составлять более тысячи килоом. Получить такое высокое сопротивление в транзисторном усилителе, вообще говоря, затруднительно. Помимо этого высокоомный вход усилителей имеет и другие недостатки: повышенную опасность самовозбуждения из-за паразитных емкостных связей, низкую температурную стабильность, чувствительность к различным наводкам, повышенный уровень шумов при работе головки на высокоомную нагрузку и т. п.

Величина входного сопротивления усилительных устройств, с которыми работают электропроигрыватели, колеблется от 100 кОм до 2 МОм, что, в свою очередь, приводит к различным частотным и фазовым искажениям сигнала, снимаемого с головки. Эти искажения не всегда удается устранить, особенно при работе с усилителями записи магнитофонов, имеющими низкое входное сопротивление.

Кроме того, выход электропроигрывающего устройства обычно нагружен на несогласованный длинный кабель, поэтому всегда желательно, чтобы он был низкоомным. Это позволит уменьшить потери сигнала на высокочастотном конце рабочего диапазона.

В этой статье описывается схема универсального двухканального предварительного усилителя, который может быть использован с магнитоэлектрическим и пьезоэлектрическим стереофоническими звукоснимателями. При работе с монофоническим звукоснимателем выходы усилителей объединяются, обеспечивая высококачественное монофоническое воспроизведение грамзаписи.

При использовании головки ГЗК-У631Р неравномерность частотной характеристики системы «головка — усилитель» в диапазоне 30—16 000 Гц не превышает 3 дБ.

Выходное напряжение усилителя на частоте 1 кГц при воспроизведении номинальной записи на скорости 33 $^{1}/_{3}$ об/мин составляет 300 мВ. Входное сопротивление усилителя около 40, выходное 2 кОм. Отношение

сигнал/шум в каждом канале не менее 58 дБ; переходное затухание между каналами не менее 44 дБ. Питается усилитель от стабилизированного источника напряжением 12,6 В, потребляемый ток не более 1,5 мА (на каждый канал).

Принципиальная схема усилителя приведена на рис. 1.

Усилитель состоит из двух идентичных каналов, собранных на транзисторах различной структуры — *T1*, *T2* и *T1'*, *T2'*. Применение таких транзисторов позволяет полностью исключить самовозбуждение усилителя и обеспечивает высокую степень повторяемости его характеристик.

Связь между первым (*T1*) и вторым (*T2*) каскадами непосредственная, что позволяет снизить частотные и фазовые искажения усиливаемого сигнала.

Для исключения влияния длины кабеля, соединяющего головку звукоснимателя со входом усилителя, в базовую цепь транзистора *T1* (*T1'*) введен антипаразит-

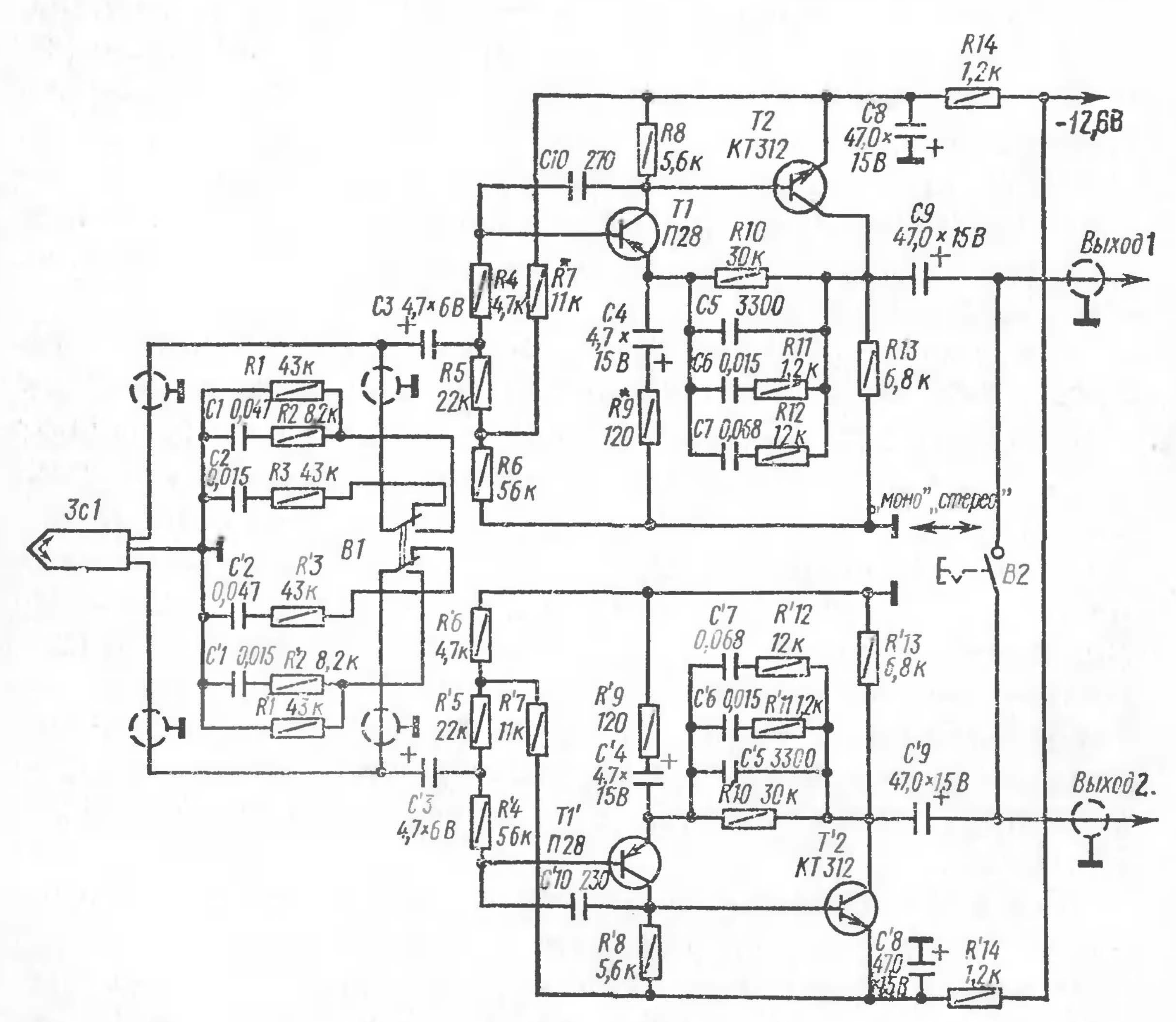


Рис. 1. Принципиальная схема усилителя

ный резистор *R4*, исключающий самовозбуждение первого каскада и стабилизирующий его режим.

Для формирования необходимой частотной характеристики усилитель охвачен частотно-зависимой отрицательной обратной связью, напряжение которой снимается с коллектора транзистора *T2* и через цепочки *R10C5*, *R11C6* и *R12C7* подается в цепь эмиттера транзистора *T1*.

С помощью переключателя *B1* ко входу усилителя подключаются корректирующие цепочки *C2R3* или *R1R2C1*. Первая корректирует частотную характеристику электромагнитного звукоснимателя, вторая — пьезоэлектрического.

Усилитель некритичен к параметрам используемых транзисторов. Например, коэффициент $B_{ст}$ для транзисторов *T1* и *T2* может лежать в пределах от 30 до 120.

В усилителе использованы резисторы МЛТ-0,25 с допуском ± 10%, а конденсаторы — КМ5 и К53-1.

Основные детали у каждого усилителя скомпонованы в виде модуля размером 16 × 16 × 20 мм, помещенного в экран из жести и укрепленного рядом с основанием тонарма. Здесь же располагаются переключатели *B1* и *B2*. Такая плотная компоновка позволяет достичь хороших частотных характеристик усилителя, низкого уровня шумов и фона и, самое главное, повторяемости его характеристик.

Налаживание усилителя начинают с проверки номиналов напряжений на соответствующих ножках модуля и величины потребляемого тока. После этого отпаивают провод, соединяющий переключатель *B1* и конденсатор *C3*, отключают частотно-зависимую обратную связь. На вход усилителя от звукового генератора подают напряжение 3—5 мВ с частотой 1000 Гц, а к выходу (коллектор транзистора *T2*) подключают осциллограф. Плавно увеличивая выходной сигнал звукового генератора, добиваются симметричного ограничения синусоиды на экране осциллографа. Ограничение синусоиды должно наступать при напряжении на входе усилителя 12—15 мВ.

Если ограничение несимметричное, то вместо резистора *R7* временно устанавливают переменный резистор сопротивлением 15—22 кОм и, регулируя его, добиваются симметричного ограничения синусоиды. Замерив

сопротивление переменного резистора, устанавливают взамен него постоянный.

Далее измеряют коэффициент усиления усилителя. Для этого, не изменяя частоты генератора, подают на вход усилителя напряжение 10 мВ. Выходное напряжение усилителя должно быть в пределах 2В ± 10%.

Если коэффициент усиления не укладывается в указанный диапазон, то, подбирая сопротивление резистора *R9*, устанавливают коэффициент усиления равным 200.

Далее снимают частотную характеристику без цепи частотно-зависимой обратной связи. На вход усилителя подают сигнал около 5 мВ и, выдерживая это напряжение постоянным, снимают частотную характеристику усилителя, которая должна иметь вид приведенной на рис. 2 (штриховая линия).

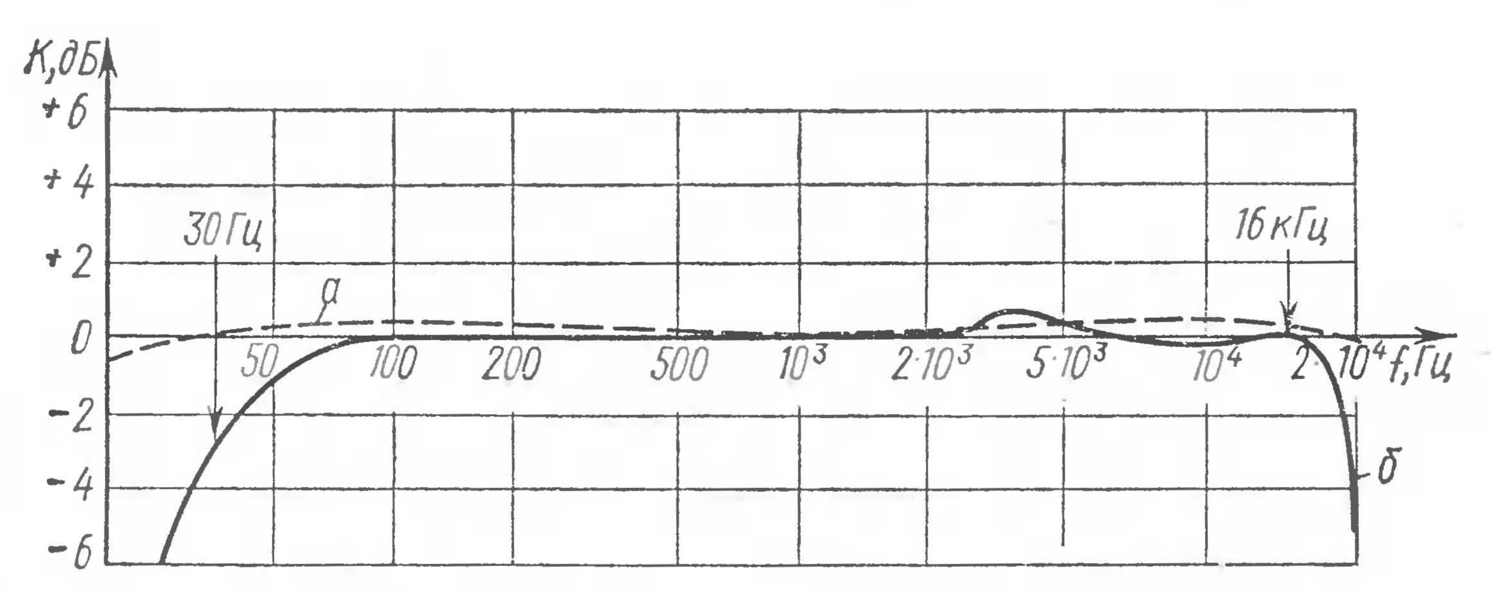


Рис. 2. Частотные характеристики усилителя:
а — без обратной связи; *б* — сквозная

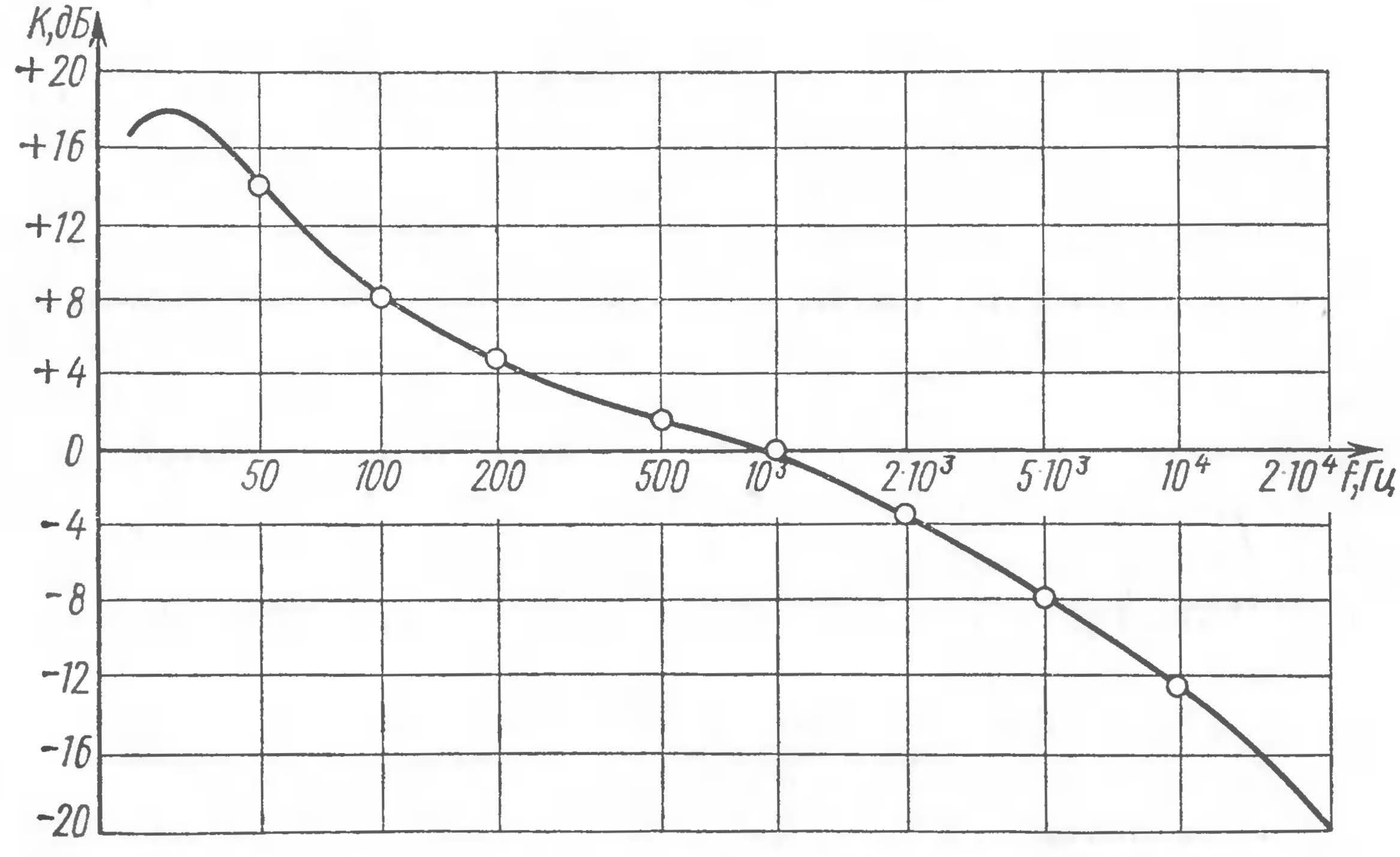


Рис. 3. Частотная характеристика усилителя с обратной связью

Характеристика усилителя, охваченного частотно-зависимой отрицательной обратной связью, приведена на рис. 3.

Окончательно усилитель настраивают с помощью измерительной пластинки.

Характеристика усилителя при воспроизведении через него пластинки фирмы «Мелодия» МУ 33 1/3 33,3/ЭТО 5514/2-4 с записью частот по стандартной характеристике записи для пьезоэлектрического звукоснимателя ГЗК-У631Р приведена на рис. 2 (сплошная линия).

При отклонении характеристики от указанной подбирают элементы цепи обратной связи *R10C5*, *R11C6* и *R12C7* или номиналы резистора *R2* и конденсатора *C1*.

ОКОНЕЧНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ НЧ

Г. Тюрин

Предлагаемый вниманию читателей усилитель выполнен по бестрансформаторной схеме на широко распространенных транзисторах. Разделительный конденсатор применен только во входной цепи; связь между всеми каскадами и нагрузкой гальваническая. Выходная мощность усилителя 20 Вт при коэффициенте нелинейных искажений 0,8%. Диапазон рабочих частот от 30 Гц до 20 кГц при неравномерности частотной характеристики ± 3 дБ. На частоте 1 кГц входное сопротивление усилителя 10 кОм, выходное 0,15 Ом. Отношение напряжения полезного сигнала к напряжению помехи на выходе усилителя 80 дБ. Оно определялось как отношение напряжения на нагрузке при $P_{вых} = 20$ Вт к напряжению на нагрузке при отсутствии входного сигнала и разомкнутом входе усилителя. При этом для обеспечения такого же напряжения пульсаций источника питания, как и при $P_{вых} = 20$ Вт, последний нагружался током 0,9 А. Питается усилитель от нестабилизированного выпрямителя с заземленной средней точкой.

В усилителе приняты меры для того, чтобы ток, потребляемый от источника питания на верхних частотах

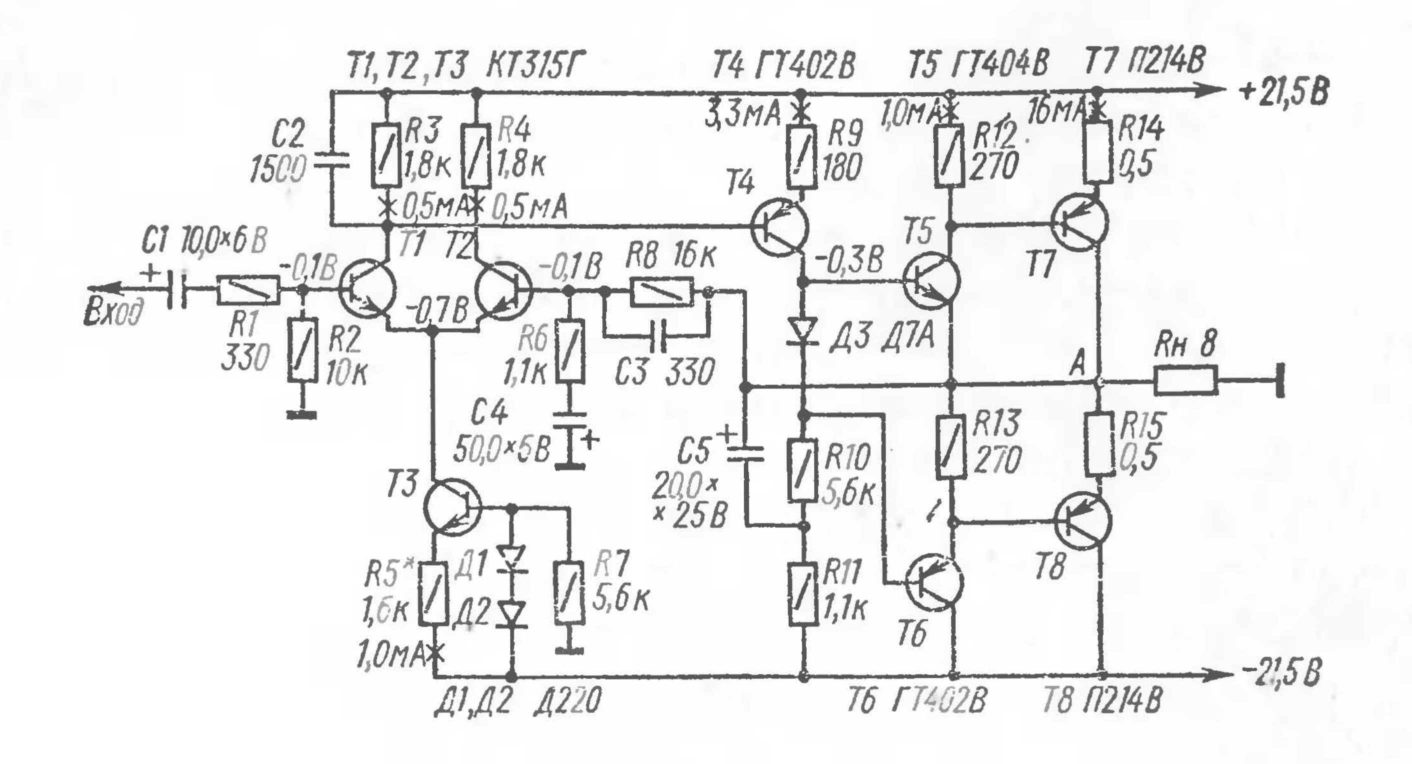


Рис. 1. Принципиальная схема усилителя

(от 20 кГц и выше) не превышал тока, потребляемого при сигнале частотой 1 кГц, более чем в 2,5 раза.

С таким увеличением потребляемого тока, как показывает практика, вполне можно мириться, поскольку уровень высокочастотных составляющих в реальных программах меньше, чем низкочастотных.

Принципиальная схема усилителя приведена на рис. 1. Транзисторы *T1*, *T2* образуют дифференциальный входной каскад. Эмиттерные цепи транзисторов питаются от стабилизатора тока на транзисторе *T3*. Далее следуют усилитель напряжения на транзисторе *T4*, фазоинвертор на транзисторах *T5*, *T6* и выходной каскад на транзисторах *T7*, *T8*. Известно, что полностью реализовать достоинства дифференциального каскада можно, включив в его эмиттерную цепь генератор стабильного тока. При этом стабилизируются режим транзисторов *T1*, *T2* и, как следствие, режим усилителя в целом.

Поскольку транзистор *T3*, работающий в режиме генератора тока, имеет высокое внутреннее сопротивление переменному току, обеспечивается практически полное подавление синфазных сигналов, какими являются, в частности, пульсации источника питания и вообще всякие изменения напряжения источника питания.

В данном усилителе (если выдержаны номиналы элементов, указанные на схеме) балансировка сохраняется при изменении напряжения питания от 10 до 25 В. Изменяется лишь величина максимальной мощности неискаженного сигнала.

Усилитель охвачен глубокой отрицательной обратной связью как по постоянному (через резистор *R8*), так и по переменному (через цепочку *R8R6C4*) току.

Для ограничения тока, потребляемого усилителем от источника питания на высших звуковых частотах, введена обратная связь через конденсатор *C3*, и с той же целью резистор нагрузки первого каскада *R3* зашунтирован конденсатором *C2*.

В каскад усиления напряжения (*T4*) введена положительная обратная связь по питанию (вольтодобавка), в цепь которой входят элементы *R10*, *R11*, *C5*.

Усилитель смонтирован на плате размером 40 × 60 мм, изготовленной из стеклотекстолита толщиной 3 мм (рис. 2). Оконечные транзисторы установлены на радиаторах (см., например, «Радио», 1976, № 4, с. 35).

В усилителе применены резисторы *R1* — *R13* — МЛТ-0,25, желательно с допуском ± 5%; резисторы *R14*, *R15* — проволочные, намотаны проводом ПЭММ-0,4 на корпусе резистора МЛТ-0,5 в один ряд. Электролитические конденсаторы — К50-6; остальные — КМ.

Транзисторы *T1*, *T2*, *T3* — КТ315Г, устанавливались без подбора по $B_{ст}$. Транзисторы *T4*, *T6* — ГТ402В, *T5* —

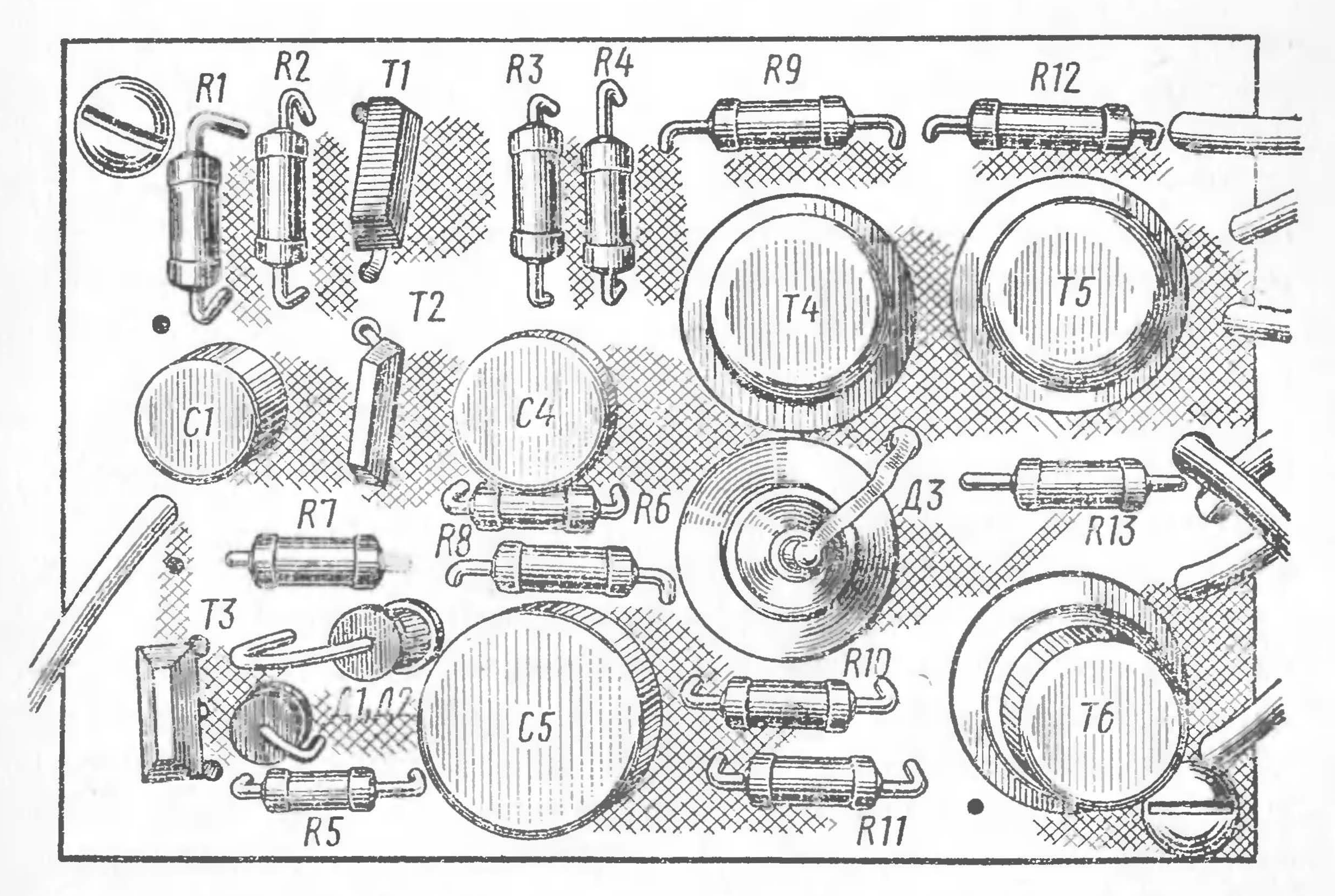


Рис. 2. Монтажная плата усилителя

ГТ404В, применены с $B_{ст} = 60—80$. Транзисторы *Т7*, *Т8* — П214В с $B_{ст}=40—80$. Транзисторы *Т5, Т6, Т7, Т8* подбирались с разбросом по $B_{ст}$ не более 20%.

Налаживание усилителя. Первое включение производят при пониженном напряжении питания 10—12 В и отключенном сопротивлении нагрузки. Сопротивление резистора *R5* подбирают так, чтобы в точке «*А*» (см. рис. 1) устанавливалось напряжение 0 ± 0,1 В.

Затем подключают сопротивление нагрузки и напряжение питания повышают до необходимой величины. Напряжение в точке «*А*» не должно изменяться при этом более чем на ± 0,05 В.

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ГОЛОВКИ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЯ В АКУСТИЧЕСКОМ ОФОРМЛЕНИИ

А. Дольник

Громкоговорители, используемые в промышленной и любительской аппаратуре, в большинстве случаев состоят из одной или нескольких динамических головок прямого излучения, установленных в одном ящике с радиоэлектронной частью или в отдельном ящике.

Общий или отдельный ящик, образующий акустическое оформление громкоговорителя, оказывает существенное влияние на воспроизведение низших звуковых частот.

В литературе описаны различные виды акустического оформления громкоговорителей (щиты, открытые и закрытые ящики, фазоинверторы, лабиринты и т. п.), их особенности и расчет. В настоящее время, однако, можно считать, что наибольшее распространение получили открытые ящики, в которых акустическая часть объединена с радиоэлектронной. Почти все приемники (кроме приемников высшего класса), телевизоры, радиолы, абонентские громкоговорители и т. п. собраны в таких ящиках. Менее распространены закрытые ящики, применяемые для оформления громкоговорителей стереофонической аппаратуры.

Открытый ящик с установленной в нем радиоэлектронной аппаратурой невозможно рассчитать с достаточной точностью. Рекомендуется лишь выбирать резонансную частоту ящика в 1,5—2 раза больше частоты ос-

новного резонанса головки. Поэтому представляется целесообразным показать экспериментально полученные зависимости частотной характеристики громкоговорителя от конфигурации, размеров и конструкции открытых ящиков.

Внешняя форма ящика оказывает влияние на частотную характеристику громкоговорителя вследствие эффекта дифракции (огибания звуковой волной препятствия). На рис. 1 приведены частотные характеристики одной и той же головки, установленной в ящиках одинакового объема, но разной формы. Из этих характеристик видно, что, чем более плавную форму имеет поверхность, прилегающая к головке, тем слабее эффект дифракции и тем ровнее частотная характеристика гром-

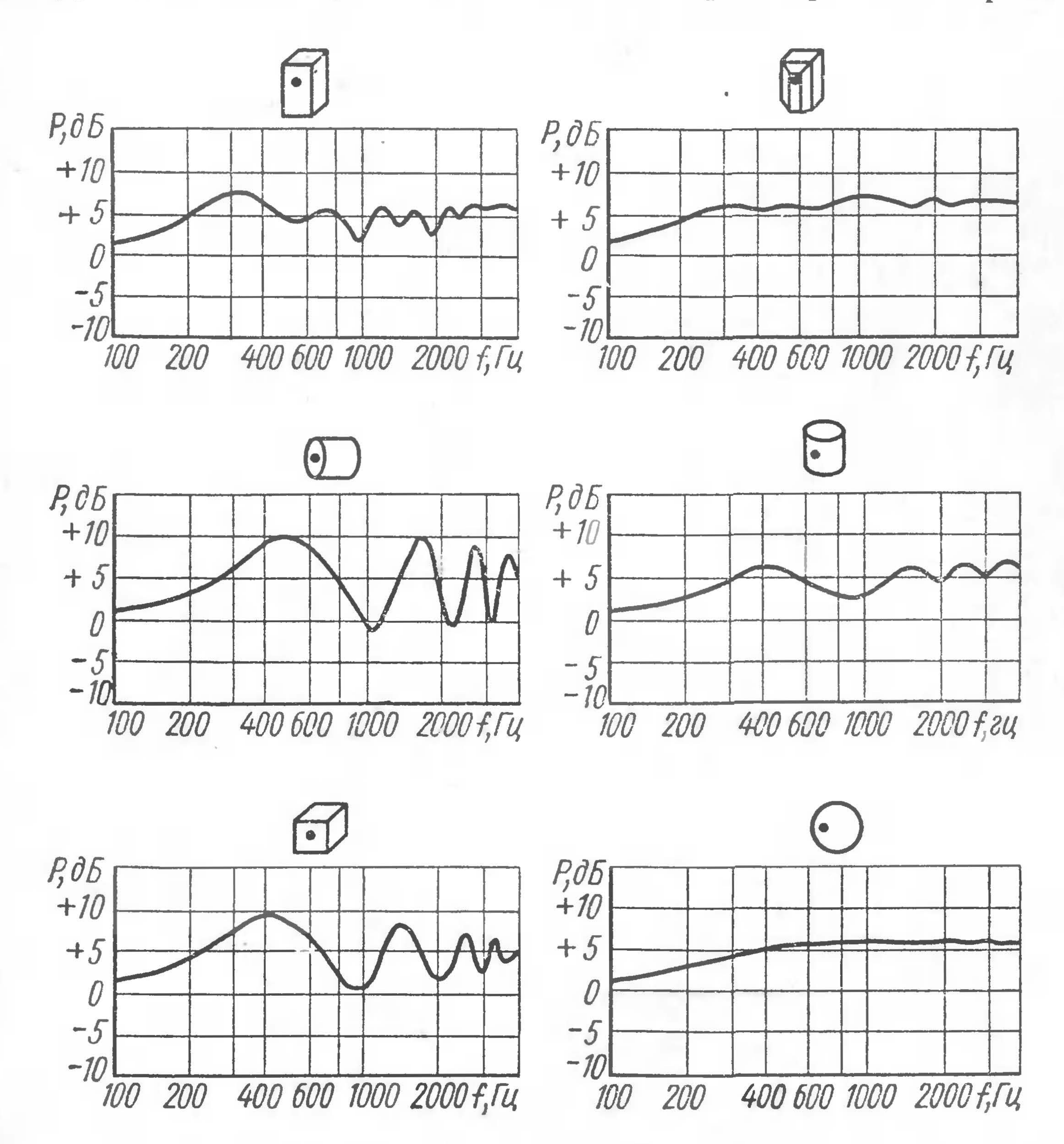


Рис. 1. Частотные характеристики громкоговорителя в ящиках различной формы (точкой обозначено место размещения головки)

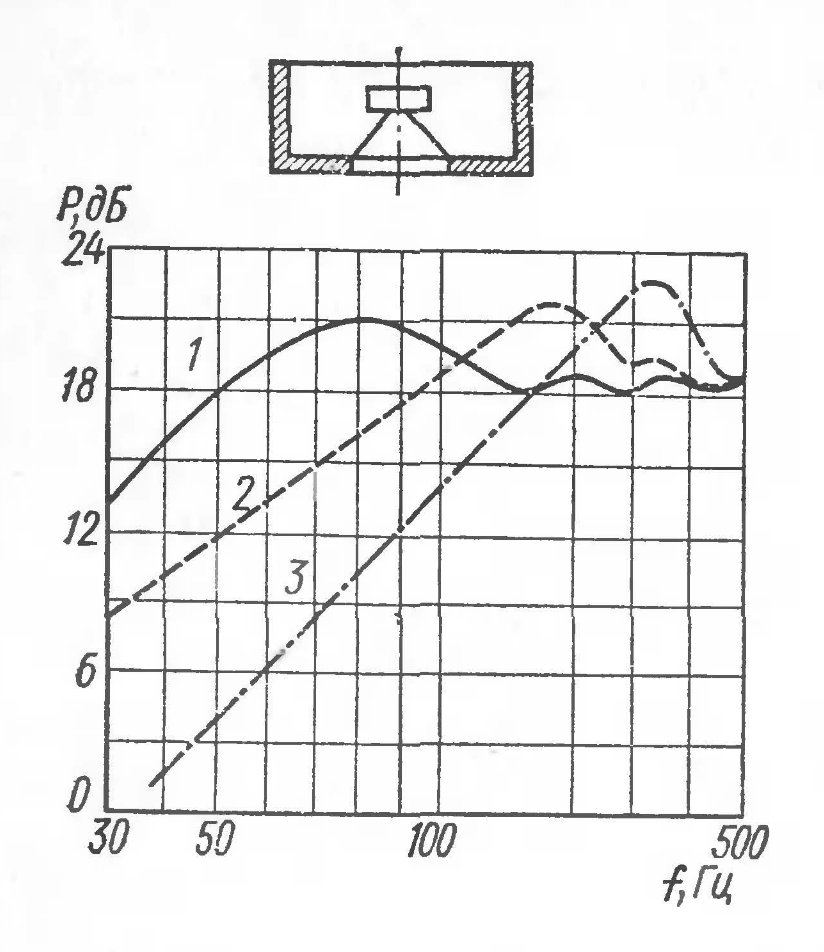
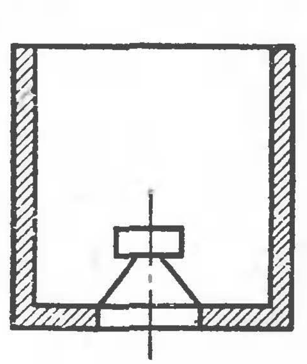


Рис. 2. Влияние размера ящика на воспроизведение низших частот:

1 — для ящика 130 × 130 × 30 см; *2* — 65 × 65 × 20 см; *3* — 30 × 30 × 15 см

коговорителя. Поэтому наилучшей формой поверхности оказалась сфера (шар). Цилиндрическая или сферическая форма акустического оформления пригодна в основном для закрытых акустических систем. Нашей промышленностью в настоящее время выпускаются шаровые акустические системы 6АСШ-1. Любительская конструкция сферического громкоговорителя была описана в журнале «Радио», 1969, № 12.



Влияние размера открытого ящика на воспроизведение низших частот показано на рис. 2, где приводятся частотные характеристики головки, имеющей диаметр 25 см и основной резонанс подвижной системы на частоте 30 Гц. Сравнение частотных характеристик показывает, что с уменьшением размера ящика снижается отдача громкоговорителя на низших звуковых частотах

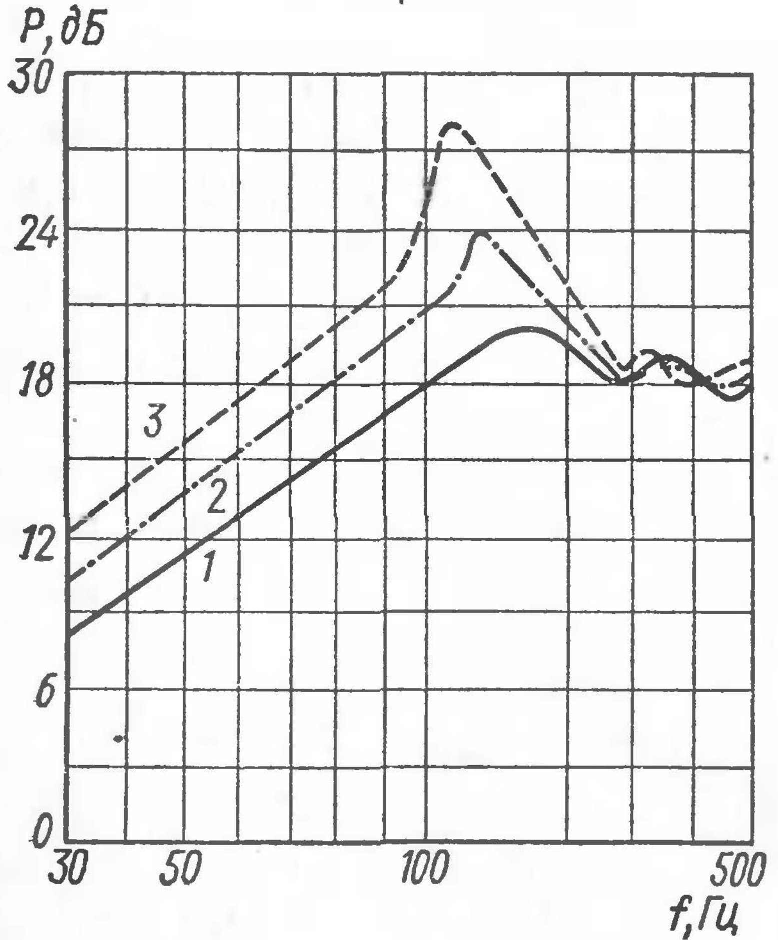


Рис. 3. Влияние глубины ящика на воспроизведение низших частот:

1 — для ящика 60 × 60 × 20 см; *2* — 60 × 60 × 40 см; *3* — 60 × 60 × 60 см

и вместе с тем растет первый резонансный пик частотной характеристики, который одновременно перемещается в область более высоких частот. Это явление указывает на резонансный характер влияния ящика на частотную характеристику. Более заметно проявляется резонанс при увеличении глубины ящика, что наглядно подтверждается частотными характеристиками головки, помещенной в ящики различной глубины (рис. 3). Как видно из рисунка, кривая *3*, соответствующая наибольшей глубине ящика, имеет самый большой и острый резонансный пик на частоте около 110 Гц, что воспринимается как неприятный гудящий звук. Чтобы такого нежелательного пика не было, глубина ящика должна быть не более 1/8 длины волны самой низшей частоты рабочего диапазона.

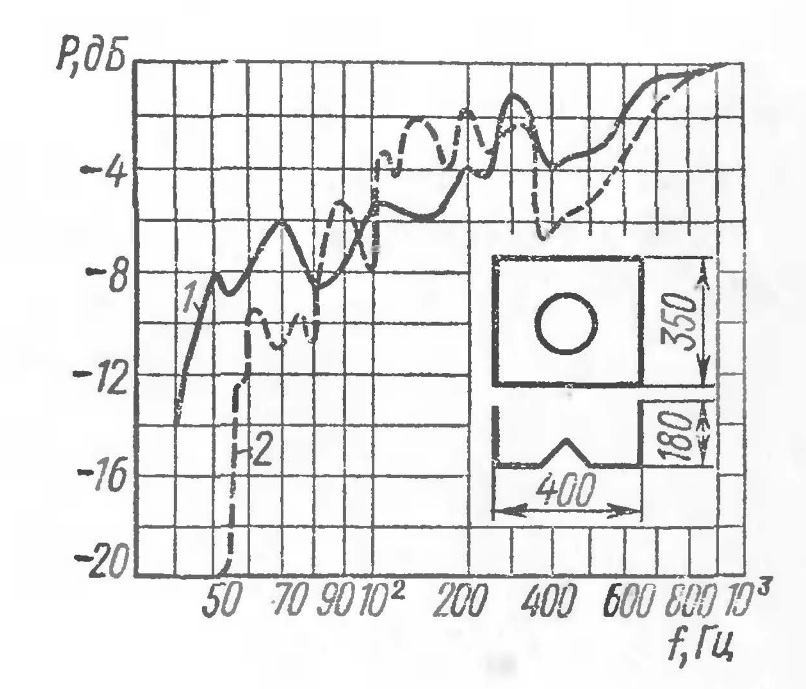
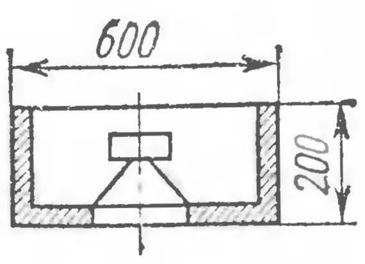


Рис. 4. Частотные характеристики громкоговорителя в ящике объемом 25 дм³ (литров):

1 — с открытой задней стенкой; *2* — с закрытой

Указанные выше особенности формирования частотной характеристики громкоговорителя с открытым ящиком объясняются интерференцией, т. е. взаимодействием звуковых волн, приходящих в место прослушивания от передней и задней сторон диффузора и приводящих к ослаблению или усилению звука в зависимости от соотношения фаз.

В закрытом ящике такие интерференционные явления исключаются. Однако упругость находящегося в закрытом ящике воздуха складывается с упругостью подвижной системы головки. В результате повышается основная резонансная частота громкоговорителя, а отдача на низших звуковых частотах снижается. Влияние закрытой стенки на частотную характеристику громкоговорителя в области низших частот показывают кривые, приведенные на рис. 4, на которых видно более рез-



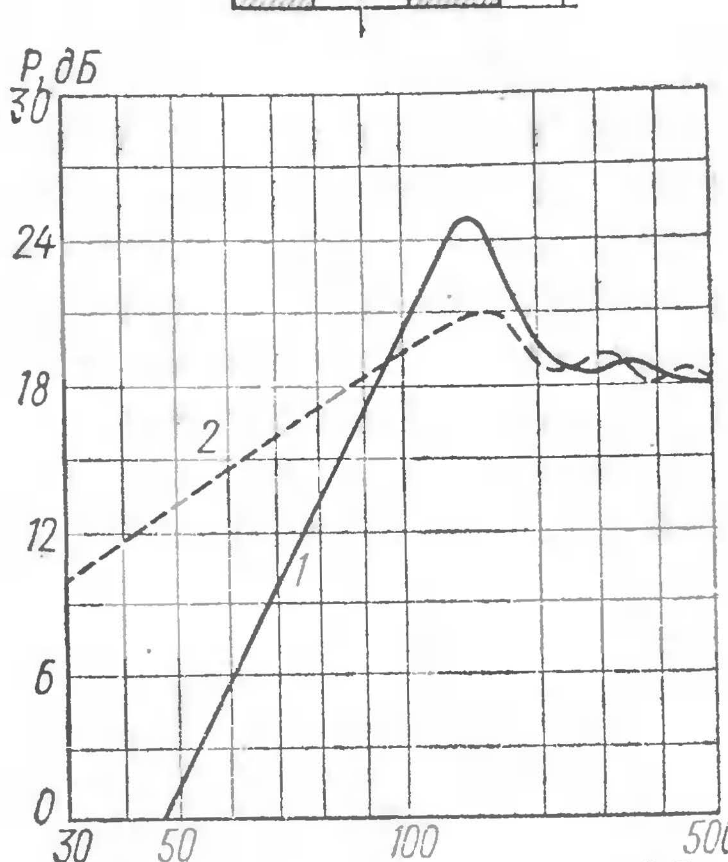
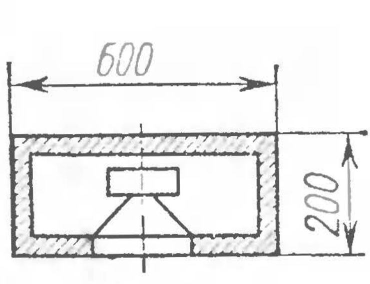


Рис. 5. Влияние основного (механического) резонанса подвижной системы головки, работающей в открытом ящике:

1 — частота резонанса 150 Гц; *2* — частота резонанса 30 Гц

кое снижение отдачи громкоговорителя с закрытой задней стенкой на частотах ниже 100 Гц.

Следует, однако, подчеркнуть, что правильный выбор размера ящика громкоговорителя с закрытой стенкой и применение в нем соответствующего звукопоглощающего материала позволяют значительно ослабить снижение отдачи на низших звуковых частотах и получить хорошие результаты. Все вышеприведенные частотные характеристики, показывающие влияние внешнего оформления на работу громкоговорителей в области низших частот, изучались с головками, имеющими весьма низкую (20—30 Гц) основную резонансную частоту подвижной системы. Если же частота ниже этой, резко снижается отдача, повысить которую невозможно никакими акустическими экранами или ящиками.



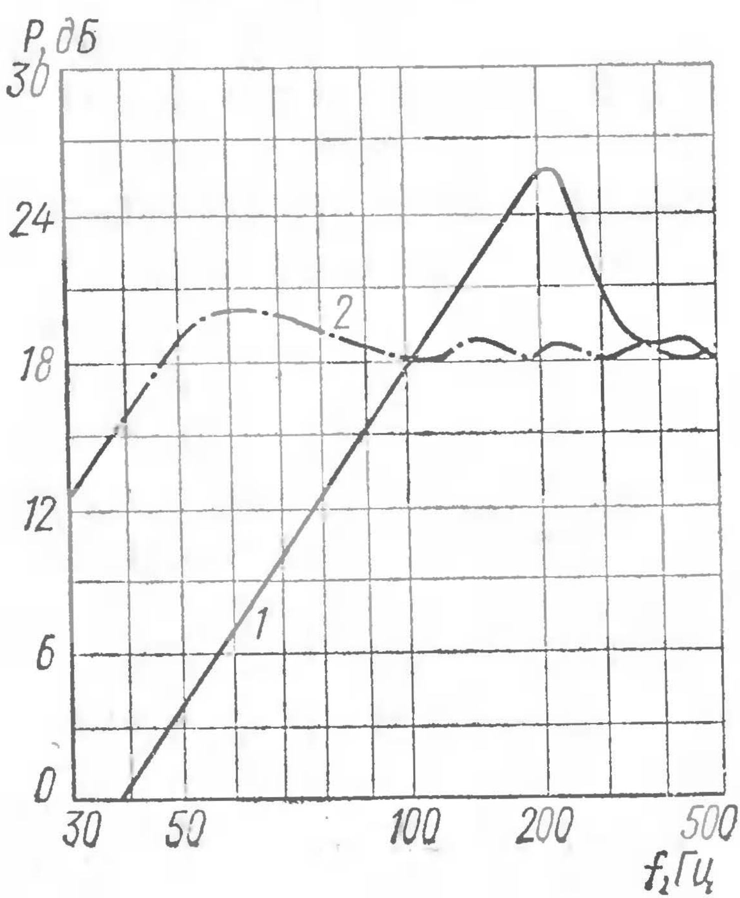


Рис. 6. Влияние основного резонанса подвижной системы головки, работающей в закрытом ящике:

1 — частота резонанса 150 Гц; *2* — частота резонанса 30 Гц

Зависимость частотной характеристики громкоговорителя в области низших частот от частоты основного резонанса подвижной системы головки показана на рис. 5 и 6 — соответственно для открытого и закрытого ящиков. Из приведенных частотных характеристик видно, громкоговоритель с головкой, основная резонансная частота которой в открытом ящике равна 150 Гц, имеет значительный пик на этой частоте (кривая *1*, рис. 5) и резкое снижение отдачи на частотах, лежащих ниже ее. Применение в том же ящике головки, имеющей частоту 30 Гц, заметно улучшает частотную характеристику громкоговорителя (кривая *2*, рис. 5) в области низших частот. При закрытом ящике более заметна разница в величине основной резонансной частоты головки из-за упругости замкнутого объема воздуха, приводящего к повышению этой частоты. Из рис. 6 (кривая *1*) видно, что основной резонанс повысился до 200 Гц, и поэтому повышение уровня низших частот, несмотря на отсутствие излучения с задней стороны, весьма незначительное. Применение же в этом ящике головки с основной резонансной частотой 30 Гц приводит к значительному улучшению частотной характеристики (кривая *2*, рис. 6), так как основной резонанс системы оказался равным 70 Гц. При относительно малом размере закрытого ящика (60 × 60 × 20 см) частотная характеристика громкоговорителя практически равноценна той, которая получается при открытом ящике размером 130 × 130 × 30 см (кривая *1*, рис. 2). Следовательно, в закрытом ящике целесообразно применять головки с очень низкой основной резонансной частотой (20—30 Гц).

Кроме смещения (повышения) частоты основного резонанса, замкнутый обьем воздуха вызывает дополнительные резонансные явления на более высоких частотах. Они увеличивают неравномерность частотной характеристики громкоговорителя. Для устранения дополнительных резонансов, создаваемых воздушным объемом ящика и отражениями, внутренние поверхности ящика покрывают звукопоглощающим материалом или заполняют им весь объем ящика.

Кроме улучшения отдачи в области низших частот, акустическое оформление громкоговорителя может оказать существенное влияние на демпфирование подвиж-

ной системы головки. При эффективном демпфировании значительно улучшаются так называемые переходные характеристики громкоговорителя, что позволяет без искажений воспроизводить звуки импульсного характера.

Динамическая структура речи и музыки как раз и имеет импульсный характер, а поэтому надлежащее демпфирование в громкоговорителях приводит к уменьшению частотных и нелинейных искажений.

Известны разные способы демпфирования подвижной системы: как электрические, так и акустические. К последним относится демпфирование с помощью панелей акустических сопротивлений ПАС (см., «Радио, 1969, № 4).

Изготовление и применение их доступно для радиолюбителей, занимающихся высококачественным звуковоспроизведением.

Понижение нижней границы частотного диапазона обычно приводит к увеличению размеров акустического оформления. Это ограничивает возможности применения таких больших агрегатов в любительских условиях, а особенно при стереофоническом воспроизведении, когда требуются два агрегата, да еще симметрично разнесенные на 1,5—2 м. Поэтому и возникла необходимость в разработке малогабаритных акустических систем МАС, в которых небольшая, но достаточно мощная головка с низкой основной резонансной частотой устанавливается в сравнительно небольшой закрытый ящик, объем которого, а также количество звукопоглощающего материала находятся в строгой зависимости от типа головки.

Для работы в открытых ящиках такие головки не пригодны, в закрытом же ящике основная резонансная частота громкоговорителя, конечно, повышается, но не выходит за заданные номинальные границы. Следует отметить, что при акустическом демпфировании снижение отдачи на низших частотах можно скорректировать соответствующим подъемом частотной характеристики усилителя НЧ.

Для воспроизведения высших частот применяется отдельная высокочастотная головка, т. е. акустический агрегат выполняется двухполосным.

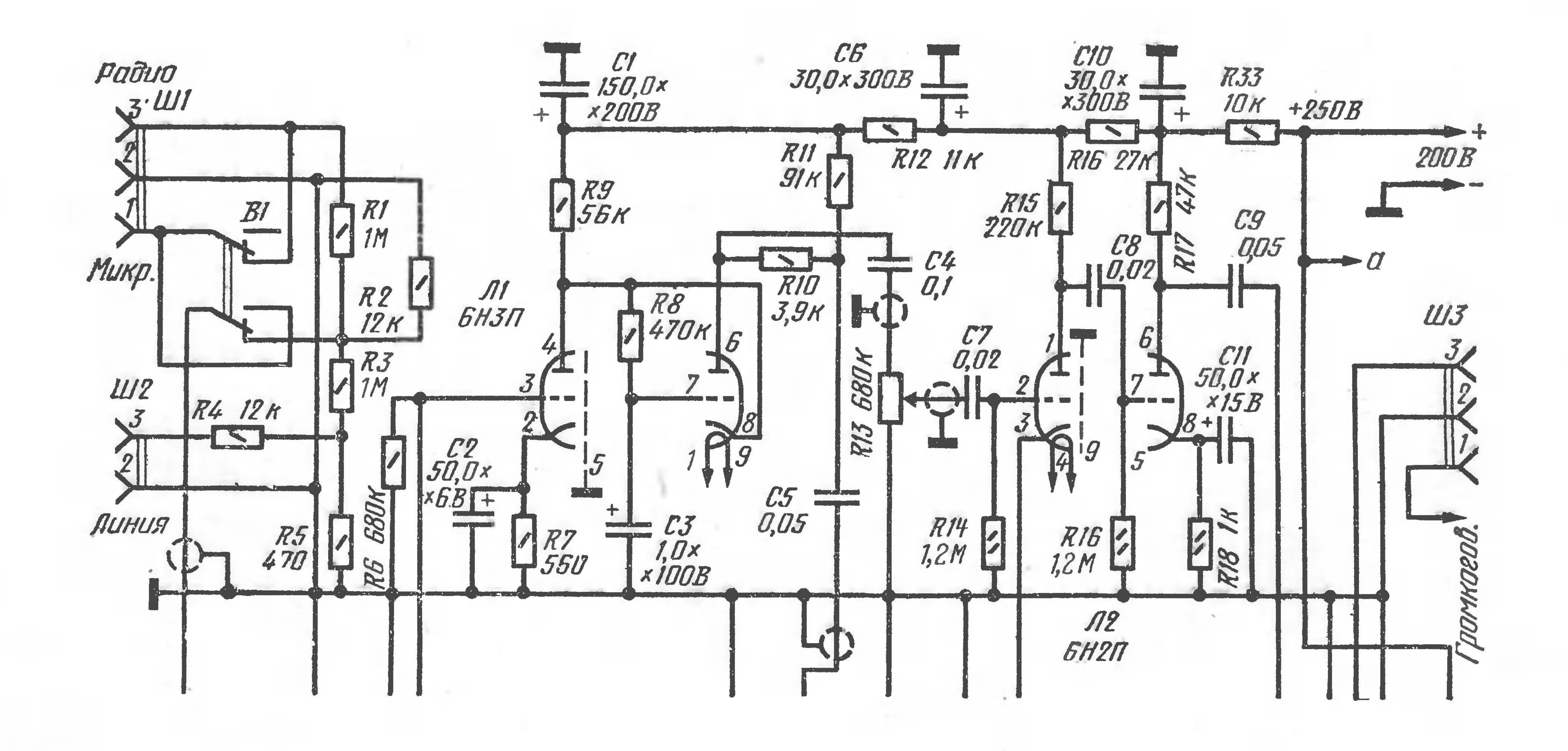
КАСКОДНЫЙ ВХОДНОЙ КАСКАД В МАГНИТОФОННОМ УСИЛИТЕЛЕ

Б. Новожилов

Усилители магнитофонов с числом дорожек более двух работают при меньших уровнях сигнала, чем усилители обычных, двухдорожечных магнитофонов. В связи с этим для получения требуемого отношения сигнал/шум необходимо максимальное снижение уровня собственных шумов усилителя. Поскольку они определяются главным образом шумами первого каскада, правильный выбор усилителя играет решающую роль. Входной каскад должен обеспечить минимальный уровень шумов и достаточное усиление полезного сигнала. Указанным требованиям удовлетворяет каскодный усилитель, который позволяет получить выигрыш в отношении сигнал/шум на 2—3 дБ.

Схема магнитофонного усилителя с входным каскодным каскадом, предназначенная для четырехдорожечного магнитофона, приведена на рис. 1. Магнитофон с таким усилителем и магнитной головкой от магнитофона «Яуза-10» обладает следующими параметрами (на линейном выходе): динамический диапазон не менее 45 дБ (уровень собственных шумов усилителя 60 дБ), полоса записываемых и воспроизводимых частот 30—17 000 Гц с неравномерностью не более ±2 дБ, коэффициент нелинейных искажений 2%. Указанные параметры получены с применением ленты типа CR-50 на скорости 19,5 см/с. При использовании лент типа 6 или 10 полоса частот расширяется до 18—20 кГц. Частотные характеристики усилителя даны на рис. 2.

Как видно из принципиальной схемы, входной каскад усилителя собран по каскодной схеме на лампе *Л1*. Магнитная головка при воспроизведении подключается непосредственно к сетке левого (по схеме) триода лампы *Л1*. При таком включении отношение сигнал/шум в области низких частот лучше, чем при обычных схемах. Это достигается за счет того, что сопротивление резистора, включенного между сеткой и катодом левого триода, получается значительно меньшим. Поэтому наводки на цепь сетки также будут меньше. Смещение, необходимое для нормальной работы каскада, получается за счет падения напряжения на резисторе *R7*, включенном в ка-



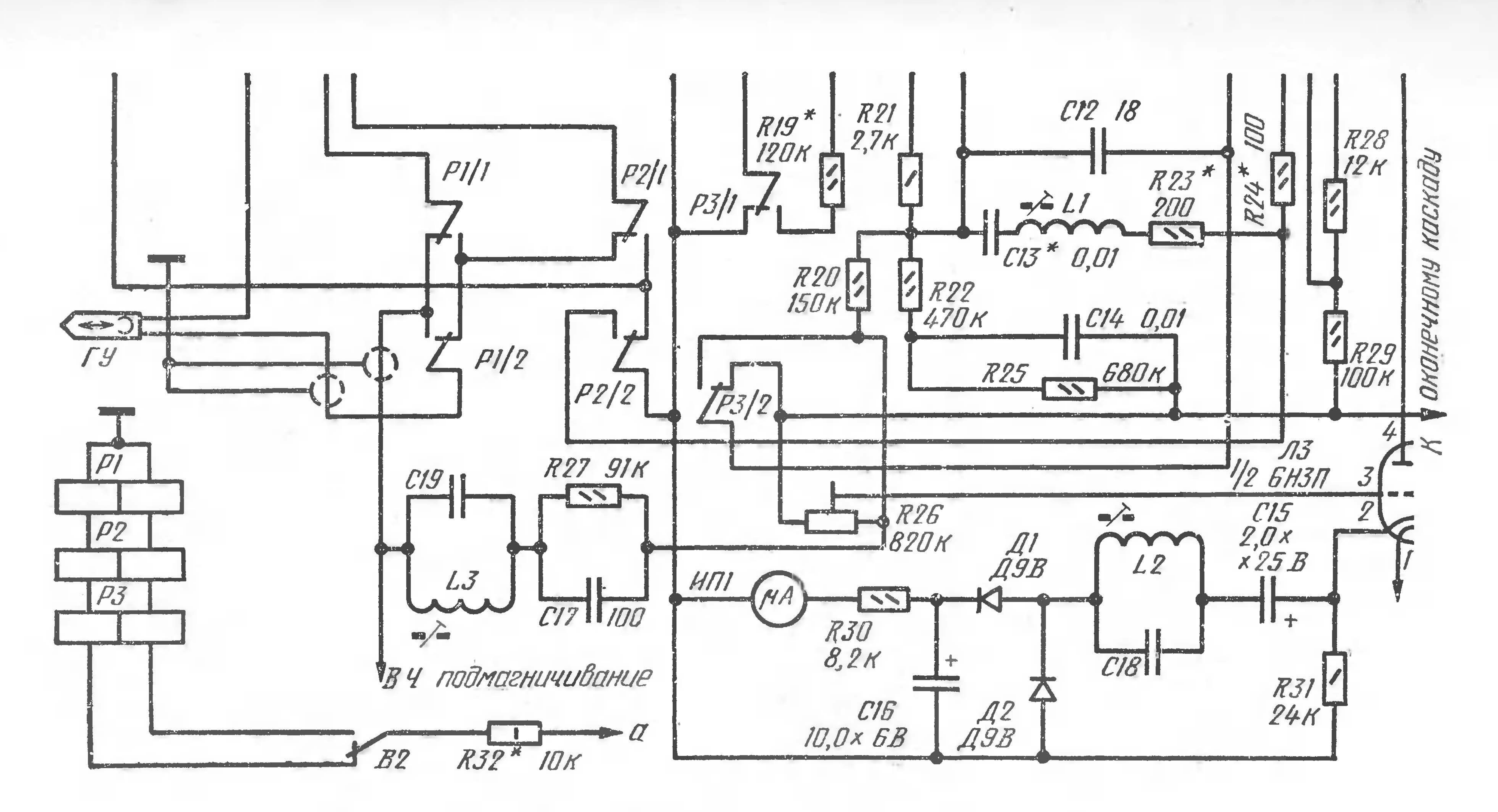


Рис. 1. Схема магнитофонного усилителя с входным каскодным каскадом

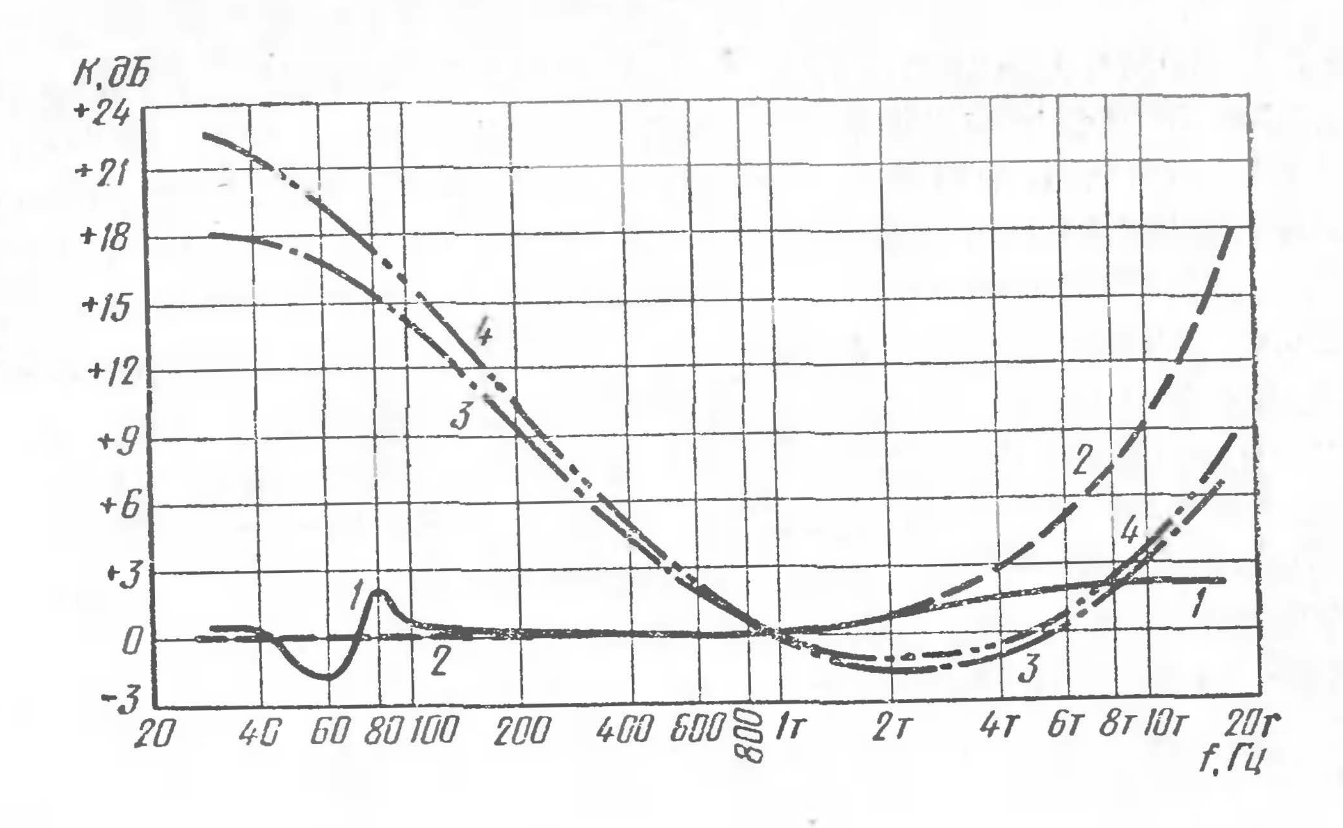


Рис. 2. Частотные характеристики усилителя

тод левого триода лампы. Для уменьшения уровня фона резистор *R7* зашунтирован конденсатором большой емкости *С2*. Правый (по схеме) триод лампы *Л1* включен последовательно с левым, как это обычно бывает в каскодных схемах, и поэтому оба триода работают при пониженном напряжении на их анодах. Для повышения коэффициента усиления входного каскада в анодную цепь левого (по схеме) триода *Л1* включен резистор *R9*. При этом увеличивается крутизна рабочей характеристики, а значит, и усиление каскада. Нить накала лампы *Л1* питается переменным током с использованием смещения между катодом и подогревателем. Второй и третий каскады усилителя выполнены по обычным схемам на лампе *Л2*.

Коррекция частотных характеристик в режимах воспроизведения и записи имеет некоторые особенности. Как известно, характеристика усилителя при работе в режиме воспроизведения должна иметь значительный подъем на низких частотах. Обычно коррекцию в этой области выполняют либо по схеме с частотно-зависимым делителем, либо с частотно-зависимой отрицательной обратной связью. Отдать предпочтение тому или иному варианту затруднительно ввиду недостатков, присущих каждому из них. Например, частотно-зависимый делитель дает некоторое повышение уровня среднечастотных шумов. К тому же использование его возможно лишь при высоком выходном сопротивлении предыдущего каскада, что не

всегда можно обеспечить. Частотно-зависимая отрицательная обратная связь увеличивает уровень низкочастотных шумов ввиду проникновения пульсаций анодного напряжения во входные цепи каскадов, охваченных связью. В описываемом усилителе низкочастотная коррекция распределена между всеми его ступенями. Во входном каскаде корректирование происходит в анодной цепи правого (по схеме) триода *Л1*, где применена частотно-зависимая анодная нагрузка (резисторы *R10, R11* и конденсатор *С5*). При понижении частоты сигнала реактивное сопротивление конденсатора *С5* растет, в результате чего усиление каскада повышается. На высоких частотах сигнала происходит обратное явление.

Частотная характеристика усилителя при условии использования в нем описанной цепи коррекции низких частот только в первом каскаде приведена на рис. 2 (кривая 3). Как видно из этой кривой, одна цепь коррекции не обеспечивает нужного подъема низких частот. Поэтому в усилителе применена еще одна корректирующая ячейка, установленная между вторым и третьим каскадами. Эта ячейка состоит из резисторов *R22, R25* и конденсатора *С14*. В результате ее применения частотная характеристика усилителя становится такой, как показано на рис. 2, кривая *4*.

Необходимый подъем высоких частот как в режиме записи, так и в режиме воспроизведения осуществляется резонансным контуром *L1C13*, включенным в цепь отрицательной обратной связи (резисторы *R20, R21*). С целью уменьшения высокочастотных шумов этот подъем ограничивается резисторами *R23* и *R24*. Резистор *R23* служит также для подбора нужного подъема высоких частот при записи.

Выходной каскад усилителя записи нагружен комплексной нагрузкой, состоящей из параллельно соединенных резистора *R27* и конденсатора *С17*, фильтра-пробки *L3C19* и универсальной головки *ГУ*. Такая нагрузка позволяет получить малый уровень нелинейных искажений сигнала в головке *ГУ*. Фильтр-пробка *L3C19* предназначен для защиты усилителя от напряжения высокочастотного подмагничивания.

Поскольку уровень сигнала, необходимый для полной модуляции, невелик, применять электронно-оптический индикатор нецелесообразно из-за вносимых им значительных искажений. Поэтому в усилителе применен стре-

лочный индикатор уровня с катодным повторителем, собранным на триоде *Л3*. Этот индикатор более чувствителен, чем электронно-оптический, и вносит меньшие искажения. В нем применен микроамперметр типа М476. С помощью резистора *R30* и конденсатора *C16* можно так подобрать время обратного хода стрелки индикатора, что его показания будут изменяться наиболее плавно. Чувствительность индикатора регулируют переменным резистором *R26*. От высокочастотного напряжения индикатор защищен фильтром-пробкой *L2C18*. Частотная характеристика усилителя в режиме записи показана на рис. 2 (кривая *2*).

На свободном триоде лампы *Л3* можно собрать однотактный генератор стирания и подмагничивания, однако более предпочтительно применение двухтактного генератора, что значительно улучшает качество записи. Параметры усилителя, указанные в начале статьи, получены при установке именно такого генератора на частоту 110 кГц. Данные деталей фильтров-пробок *L2C18* и *L3C19* не приводятся, так как они зависят от конкретного значения частоты генератора подмагничивания. Генератор можно собрать по любой схеме.

Катушка *L1* корректирующего контура намотана на кольце К10×6×2 из феррита 1000НН (или НМ). Обмотка *L1* содержит около 100 витков провода ПЭЛШО 0,15 (точное количество подбирают при настройке).

Коммутация усилителя осуществляется при помощи дистанционных переключателей типа РПС-20 (паспорт РС4.521.752). Они срабатывают при подаче на обмотки анодного напряжения через балластный резистор *R32*.

Налаживают усилитель по общепринятой методике. Особо следует обратить внимание на подбор конденсатора *C13*, от которого зависит ход частотной характеристики. При слишком большой его величине сужается частотный диапазон, при слишком малой — возрастает неравномерность частотной характеристики сквозного канала.

"Радио" 1981г. № 10; стр. 51

РАДИОВЕЩАНИЕ

L1; L2 — по 40 витков ПЭЛШО 0,1 К10×6×5 2000НМ

ПРОСТОЙ ТРЕХПРОГРАММНЫЙ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЬ

Ю. Малышев

В публикуемой статье вниманию радиолюбителей предлагается довольно простая переделка однопрограммного абонентского громкоговорителя в трехпрограммный. Принципиальная схема трехпрограммного громкоговорителя приведена на рис. 1. Из схемы видно, что для осуществления переделки к уже имеющимся в каждом абонентском громкоговорителе деталям (головка прямого излучения, выходной трансформатор и регулятор громкости) следует добавить два полосовых фильтра, настроенных на частоты 78 и 120 кГц, усилитель НЧ и блок питания. Программы коммутируются переключателем на три положения.

При прослушивании первой программы радиотрансляционной сети сигнал поступает на регулятор громкости *R6*, выходной трансформатор *Тр2* и на головку *Гр1*, минуя усилитель НЧ. При прослушивании второй и третьей программ сигналы поступают на полосовые фильтры *R1L1C1C3C5L3R4* и *R2L2C2C4C6L4R5*, настроенные соответственно на 78 и 120 кГц, детектируются диодами

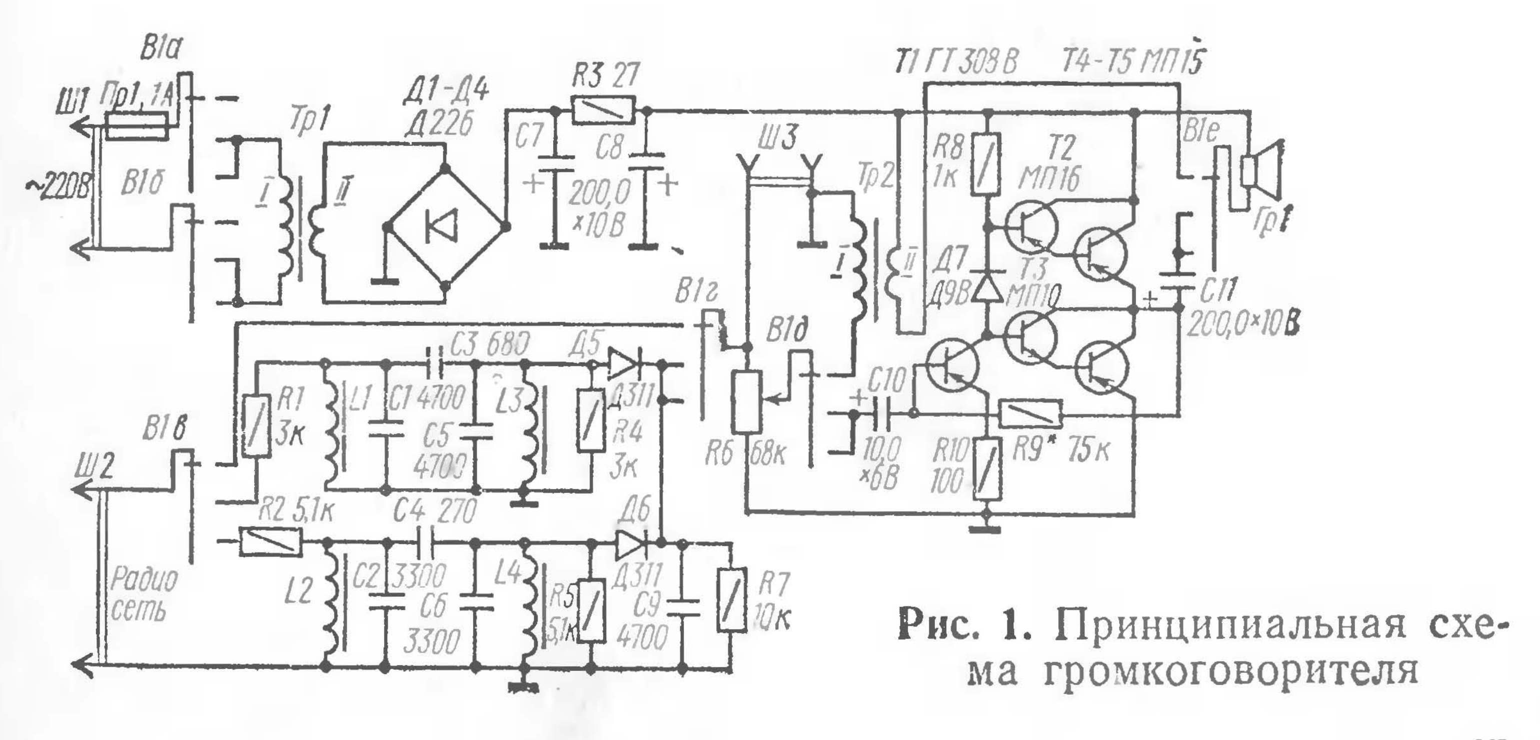


Рис. 1. Принципиальная схема громкоговорителя

Д5, *Д6* и через регулятор громкости поступают на усилитель НЧ.

Полоса пропускания фильтров 10 кГц, коэффициент передачи 0,4. Катушки *L1*—*L4* намотаны на кольцах К16 × 10 × 4,5 мм из феррита 2000 НМ. Обмотки катушек *L1*, *L3* содержат по 30 витков провода ПЭЛШО 0,1, а *L2*, *L4* по 24 витка того же провода.

Фильтры настраивают, изменяя (в пределах одного-трех витков) число витков катушек *L1* и *L2* и добиваясь симметричной полосы пропускания относительно несущих частот 78 и 120 кГц.

Для детектирования используются германиевые диоды Д311, их можно заменить диодами Д9 с любым буквенным индексом.

Усилитель НЧ двухкаскадный. Предварительное усиление обеспечивается транзистором *Т1* с большим коэффициентом передачи по току. Оконечный усилитель выполнен на транзисторах *Т2*—*Т5* по стандартной бестрансформаторной схеме. Режимы транзисторов регулируются резистором *R9*. Выходная мощность усилителя 50 мВт, диапазон рабочих частот 60—8000 Гц, входное сопротивление 5,5 кОм, сопротивление нагрузки 8 Ом.

Питается усилитель от сети переменного тока через встроенный блок питания, состоящий из понижающего трансформатора *Тр1*, мостового выпрямителя на диодах *Д1*—*Д4* и сглаживающего фильтра *C7R3C8*. Напряжение питания усилителя 4—7 В. Можно обойтись и без блока питания, установив в громкоговорителе батарею 3336 или «Рубин».

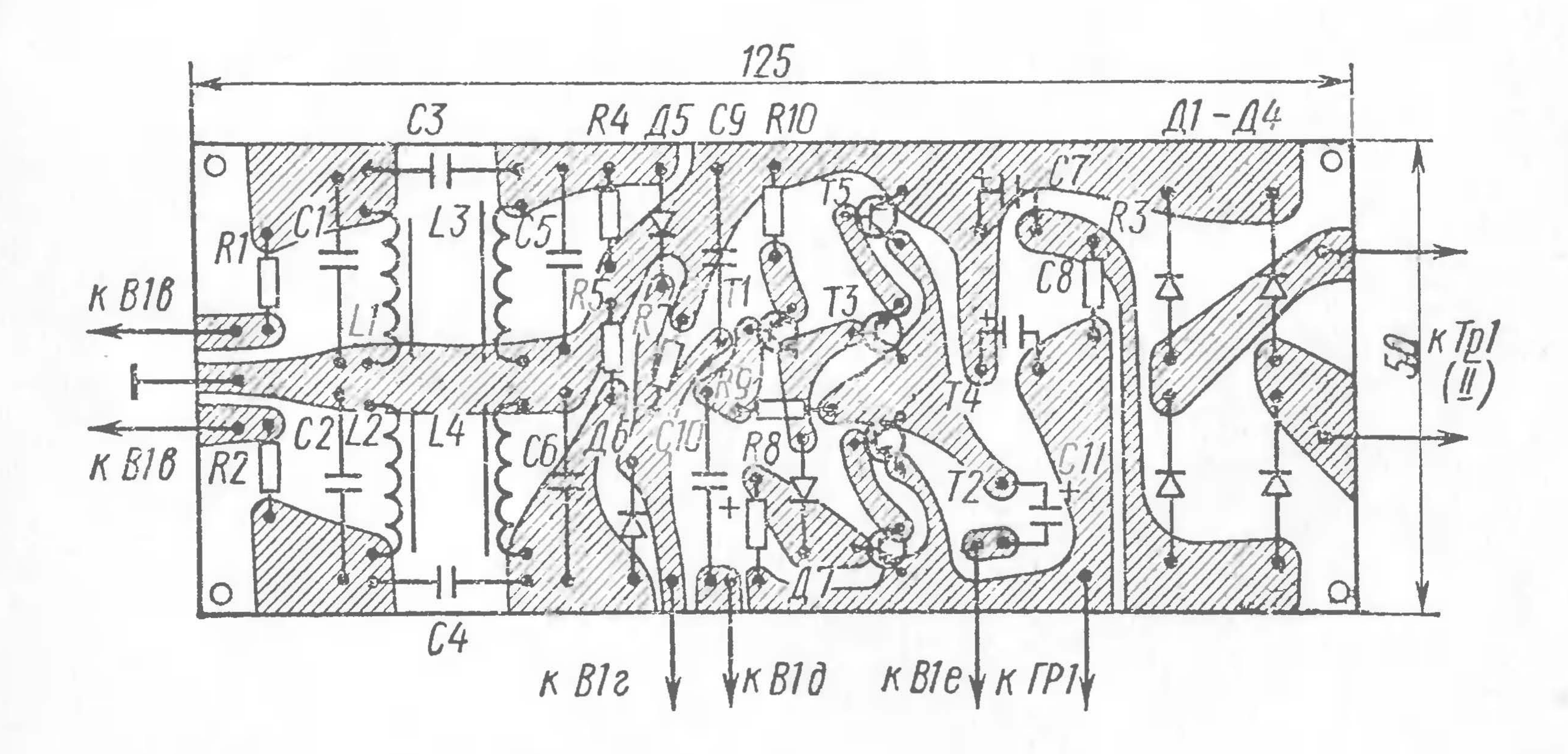


Рис. 2. Монтажная плата громкоговорителя

Трансформатор питания выполнен на магнитопроводе Ш12 × 16, его первичная обмотка содержит 5500 витков провода ПЭВ-2 0,09, а вторичная 180 витков провода ПЭВ-2 0,41.

В трехпрограммном громкоговорителе используются резисторы МЛТ, конденсаторы постоянной емкости МБМ, электролитические конденсаторы *C5*, *C8*, *C11*—К50-6, *C10*—К53-1, переключатель программ ПГГ-3П6Н.

Детали громкоговорителя смонтированы на печатной плате размером 125 × 50 мм из фольгированного гетинакса толщиной 1,5 мм (рис. 2). Монтажную плату размещают на боковой стенке абонентского громкоговорителя, а переключатель программ на лицевой панели рядом с регулятором громкости.

ЭЛЕКТРОМУЗЫКА

УСИЛИТЕЛЬ НЧ ДЛЯ АНСАМБЛЯ ЭЛЕКТРОМУЗЫКАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

В. Шушурин

В публикуемой статье вниманию радиолюбителей предлагается описание усилителя НЧ для ансамбля электромузыкальных инструментов. Усилитель может быть использован для усиления музыкальных и речевых программ одновременно с трех входов: двух микрофонных и одного электрогитары. Предусмотрен также отдельный вход для подключения ревербератора или электрооргана.

Чувствительность усилителя на частоте 1000 Гц с микрофонных входов 1,55 мВ, со входа электрогитары 39 мВ, со входа ревербератора 775 мВ при входных сопротивлениях соответственно 6,8; 180 и 300 кОм. Номинальная выходная мощность на нагрузке 4 Ом — 70 Вт при коэффициенте нелинейных искажений не более 1%.

Полоса рабочих частот по электрическому каналу 30—20 000 Гц при неравномерности частотной характеристики относительно уровня на частоте 1000 Гц не более —3 дБ. Глубина коррекции частотных характеристик на частоте 30 Гц регулятором тембра ±14 дБ, высокочастотным фильтром —24 дБ; на частоте 20 000 Гц соответственно ±13 и —14 дБ. Относительный уровень собственных шумов с микрофонных входов и со входа электрогитары — 55 дБ.

Питается усилитель от сети переменного тока напряжением 220 и 127 В, потребляемая мощность 150 Вт. Размер усилителя 418 × 310 × 100 мм.

Принципиальная схема усилителя приведена на рис. 1. Усилитель построен по блочному принципу и состоит из шести функционально-законченных блоков: двух входных (*У1, У2*), согласующего эмиттерного повторителя (*У3*), предварительного усилителя (*У4*), предоконечного усилителя (*У5*) и питания (*У6*).

Входные блоки (*У1, У2*) выполнены по идентичным схемам на транзисторах *Т1, Т2*. Первый транзистор включен по схеме с общим эмиттером, а второй по схеме эмиттерного повторителя. Оба каскада охвачены отрицательной обратной связью по постоянному и переменному току, что повышает стабильность их работы и значительно уменьшает нелинейные искажения. Напряжение обратной связи снимается с эмиттера транзистора *Т2* и через резистор *R4* подается в цепь базы транзистора *Т1*.

Конденсатор *С2*, включенный между эмиттером и базой транзистора *Т1*, способствует снижению уровня различных высокочастотных составляющих в диапазоне выше 15—20 кГц.

С входных блоков усиленный сигнал поступает на регуляторы уровня *R2, R3* и далее на блок согласующего эмиттерного повторителя (*У3*), выполненный на транзисторе *Т1*. Сюда же через регулятор уровня *R4* поступает сигнал со входа ревербератора.

С выхода эмиттерного повторителя сигнал поступает на регуляторы тембра, включенные по схеме частотно-зависимой обратной связи. Переменный резистор *R9* корректирует частотную характеристику усилителя в области низших, а *R12* — в области высших звуковых частот. Частотные характеристики регуляторов тембра приведены на рис. 2.

С регуляторов тембра сигнал поступает далее на блок предварительного усилителя (*У4*). Для компенсации ослабления сигнала, вносимого регуляторами тембра, служит каскад на транзисторе *Т1*, нагруженный на эмиттерный повторитель (*Т2*). В цепь нагрузки этого транзистора включен общий регулятор усиления *R14*.

Следующее звено предварительного усилителя — каскад на транзисторе *Т3*, включенном по схеме с общим эмиттером. Отрицательная обратная связь по току, возникающая за счет отсутствия шунтирующего конденсатора у резистора *R12*, стабилизирует коэффициент усиления, а также уменьшает нелинейные искажения. С коллекторной нагрузки транзистора *Т3* усиленный сигнал поступает на фильтры высоких и низких частот.

Фильтр высоких частот *C8R14C9R15* устраняет низкочастотные акустические помехи (звуки шагов по сцене, звуки, возникающие при дыхании, и т. д.). Фильтр низких частот *R16C10R17R18C11* повышает устойчивость усилителя при работе в акустически неблагоприятных условиях и уменьшает уровень высокочастотных шумов.

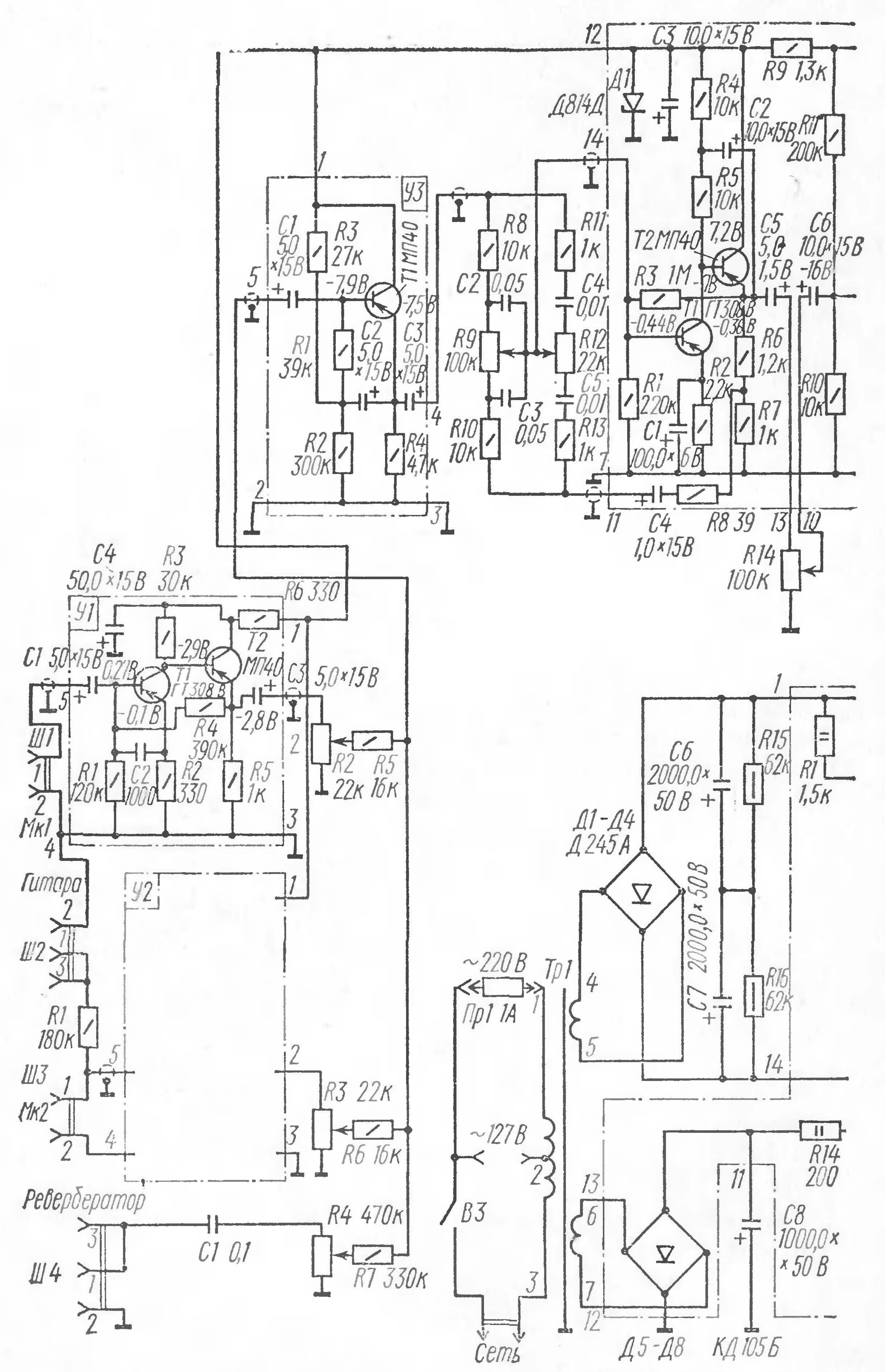


Рис. 1. Принципиальная схема усилителя

Частотные характеристики фильтров приведены на рис. 3.

При желании фильтры можно выключить, замкнув контакты переключателей *В1*, *В2*.

После фильтров через разделительный конденсатор *С12* сигнал поступает на эмиттерный повторитель на транзисторе *Т4*, согласующий предварительный усилитель с низкоомным входом предоконечного усилителя.

С нагрузки эмиттерного повторителя через цепочку *С14R24* сигнал поступает на транзистор *Т1* блока предоконечного усилителя (*У5*), включенный по схеме с общим эмиттером, и далее на выходной каскад усилителя, собранный на транзисторах *Т2*, *Т3* (*У5*) и *Т1*, *Т2* по двухтактной бестрансформаторной схеме с квазидополнительной симметрией и положительной обратной связью по питанию. В выходном каскаде, благодаря глубокой обратной связи по постоянному и переменному токам, обеспечивается высокая стабильность режимов и малый уровень нелинейных искажений. Фазоинверсный каскад выполнен на транзисторах *Т2*, *Т3* (*У5*). Начальное смещение на эти транзисторы подается с помощью диодов *Д1—Д3*, которые обеспечивают также необходимую температурную стабилизацию. Для устранения возможности самовозбуждения усилителя на ультразвуковых частотах служат *RC*-цепочки *R11C4*, *R12C5* и конденсатор *С1*. В усилителе предусмотрен контроль отдаваемой в нагрузку мощности, а также индикация перегрузки с помощью стрелочного индикатора *ИП1*.

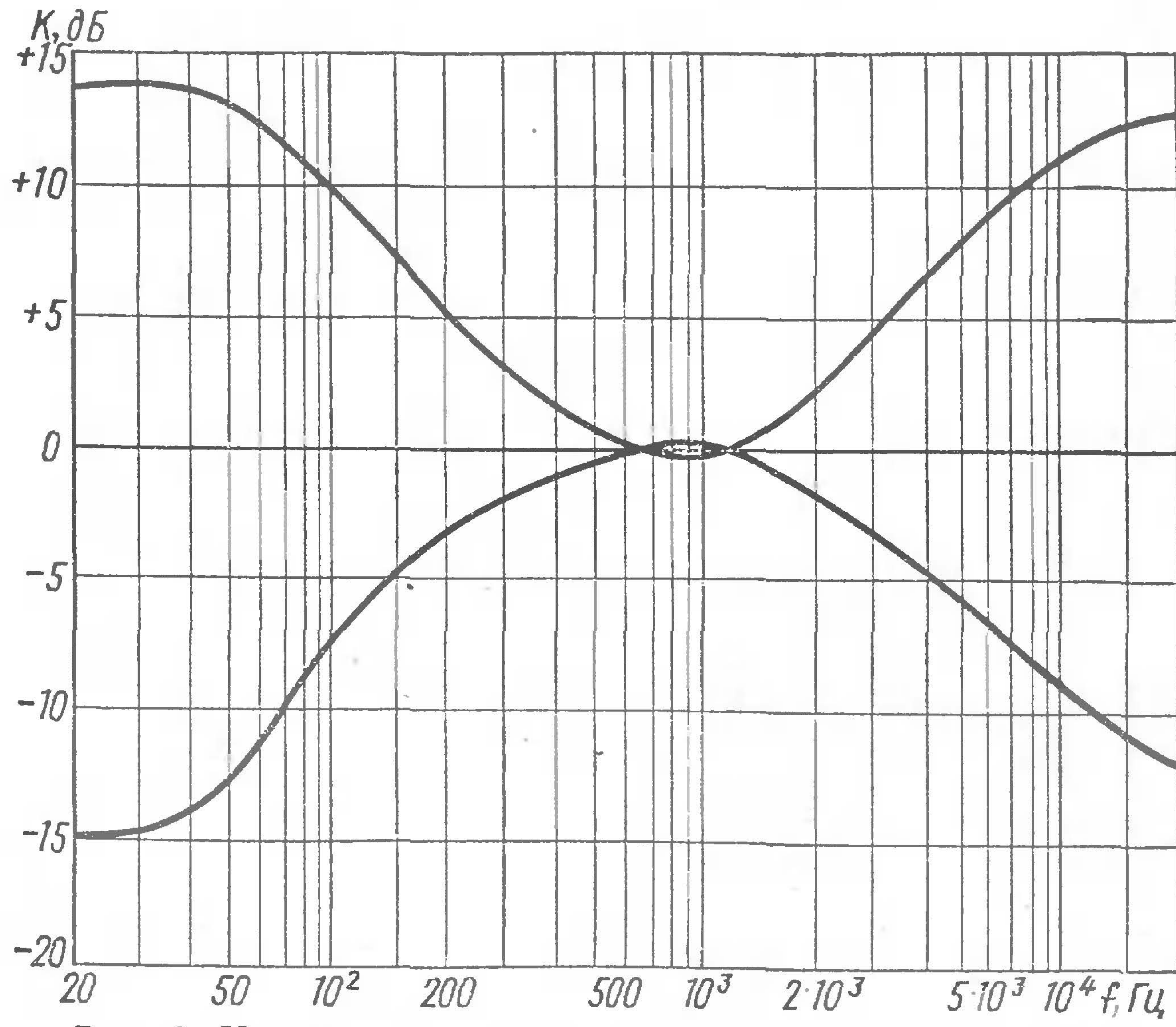


Рис. 2. Частотные характеристики регуляторов тембра

Блок питания (*У6*) состоит из двух выпрямителей. Первый выпрямитель (*Д1—Д4*) — стабилизированный, с защитой от перегрузок и коротких замыканий, предназначен для питания транзисторов выходного каскада. Стабилизатор выполнен на транзисторах *Т3*, *Т2* (блок *У6*) и *Т3*, *Т4* (вне блоков), по последовательной компенсационной схеме с составным регулирующим транзистором. Номинальное выходное напряжение стабилизатора +62 В. Максимальный ток, потребляемый выходным каскадом, не превышает 2 А. Устройство защиты собрано на транзисторе *Т1*. Работает оно следующим образом. Ток нагрузки, протекая через резистор *R5*, создает на нем падение напряжения, приложенное к базе транзистора *Т1*, который в нормальном состоянии закрыт. При достижении током нагрузки определенного уровня напряжение на резисторе *R5*, а следовательно,

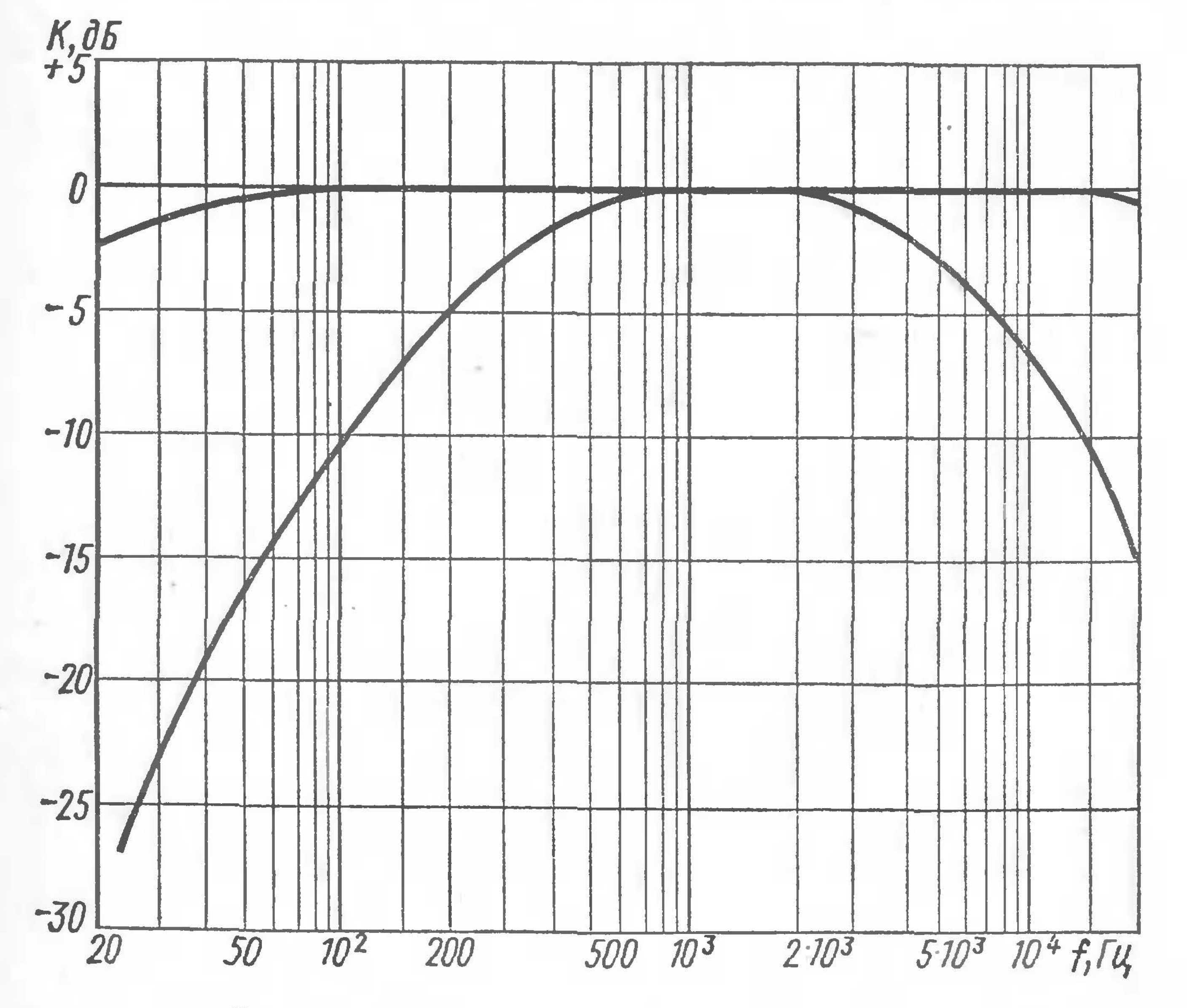


Рис. 3. Частотные характеристики фильтров

и на базе транзистора *T1* увеличивается. Транзистор *T1* открывается, и реле *P1*, включенное в его коллекторную цепь, срабатывает. При этом стабилизатор и нагрузка отключаются от источника питания, а реле самоблокируется. После устранения перегрузки необходимо выключить и снова включить выпрямитель.

Для устранения «дребезга» при срабатывании реле его контакты шунтируются конденсатором *C4*. Емкость этого конденсатора лежит в пределах 0,22—1 мкФ и подбирается по наиболее четкому срабатыванию реле. Выходное напряжение стабилизатора устанавливается переменным резистором *R12*, а порог срабатывания устройства защиты резистором *R4*.

Второй выпрямитель (*Д5—Д8*) предназначен для питания каскадов предварительного усиления. В нем при-

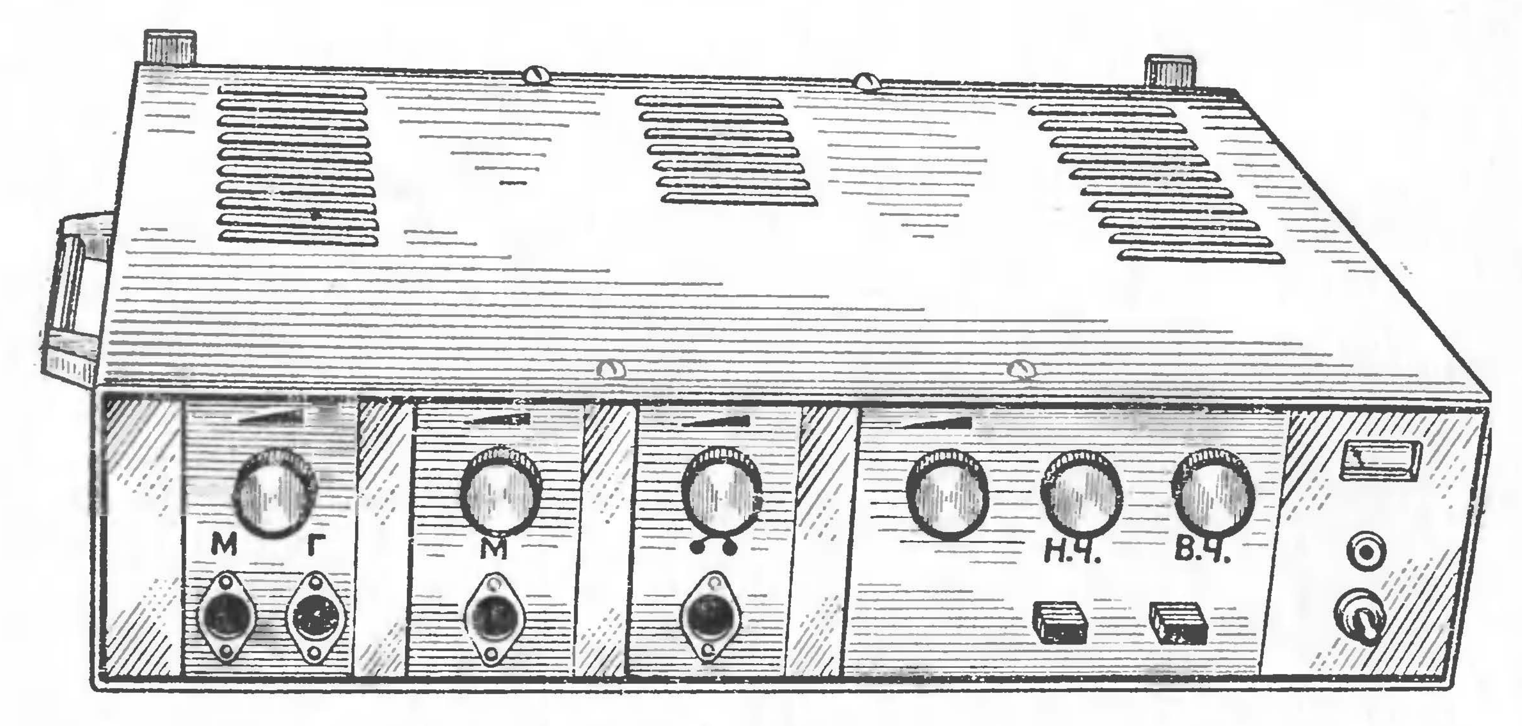


Рис. 4. Внешний вид усилителя (со стороны передней панели)

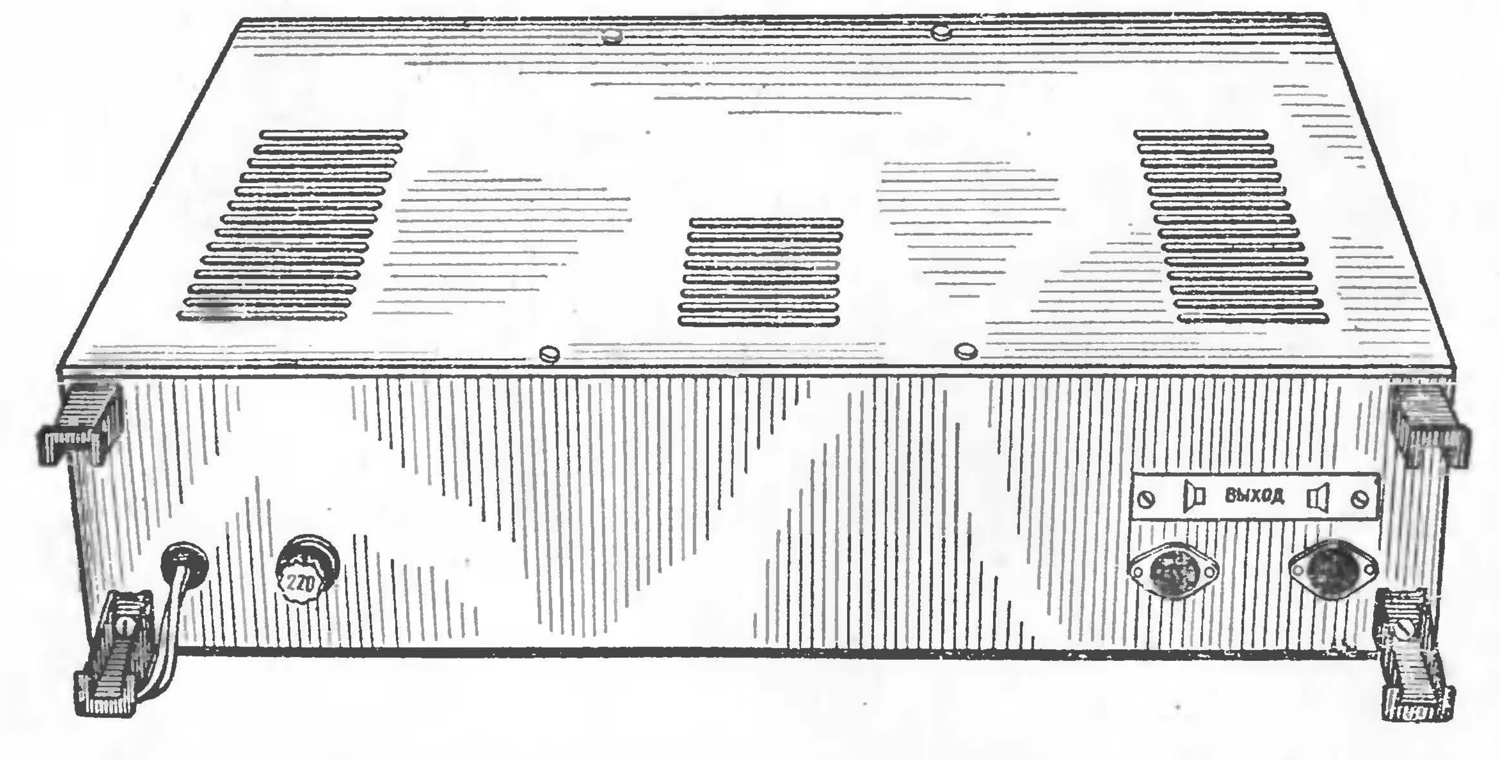


Рис. 5. Внешний вид усилителя (со стороны задней стенки)

менен параметрический стабилизатор напряжения, собранный на элементах *R14*, *Д9*. Выходное напряжение этого стабилизатора —33 В при токе нагрузки около 35 мА.

Конструкция усилителя. Все блоки усилителя смонтированы на плате из текстолита размером 416 × 308 × × 4 мм. Передняя и задняя панели изготовлены из листового дюралюминия толщиной 1 мм. На передней панели (рис. 4) установлены входные разъемы, регуляторы усиления и тембра с относящимися к ним элементами, переключатели фильтров высоких и низких частот, выключатель питания, индикаторы включения усилителя и уровня выходной мощности.

На задней стенке (рис. 5) расположены сетевой предохранитель, шнур питания и разъемы для подключения громкоговорителей. Внутренний вид усилителя показан на рис. 6. Отдельные блоки его смонтированы на печатных платах, эскизы которых показаны на рис. 7—11.

Выходные транзисторы размещены на радиаторе, чертеж которого приведен на рис. 12. На аналогичном по размерам радиаторе размещены и транзисторы стабилизатора *T3*, *T4*.

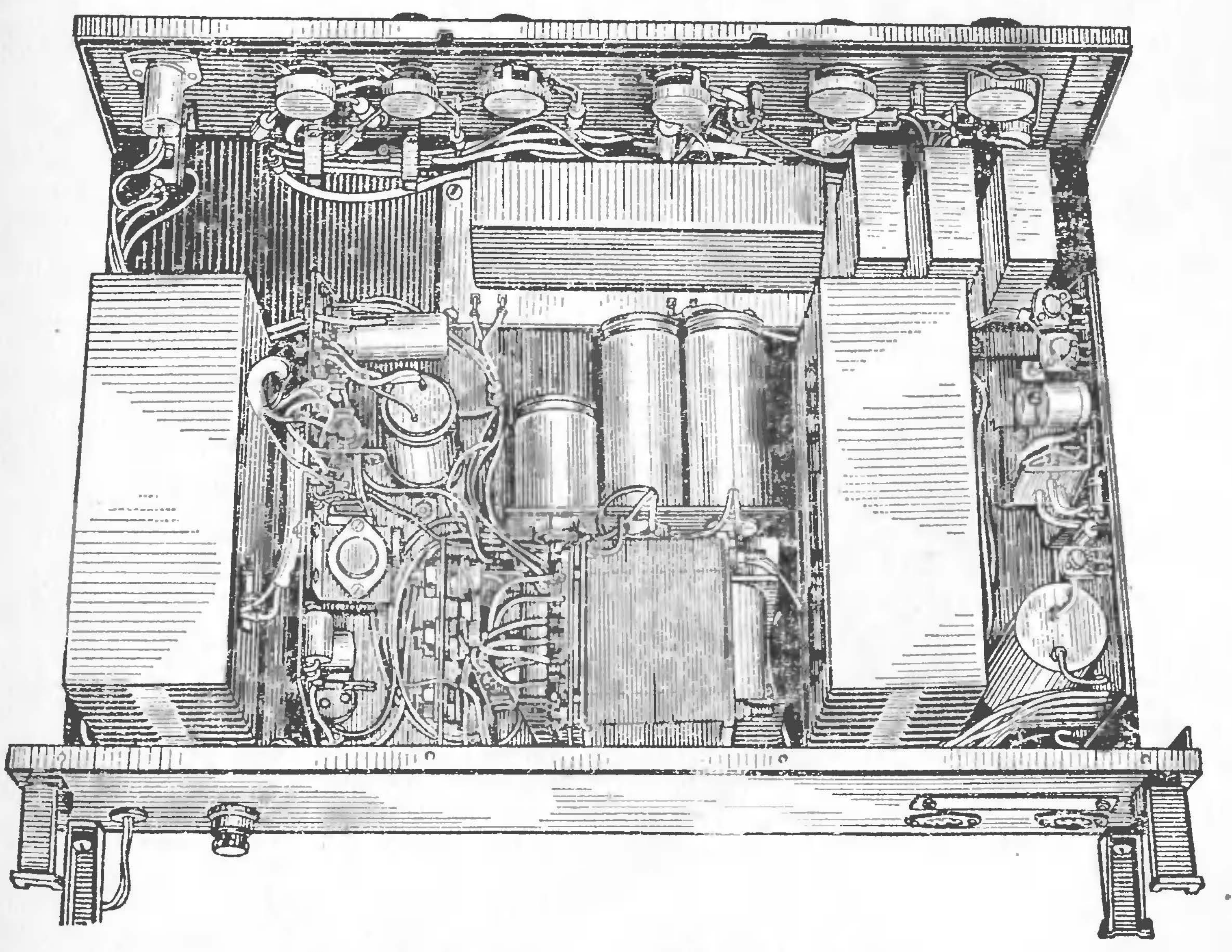


Рис. 6. Внутренний вид усилителя

В усилителе в основном используются фабричные детали. Все постоянные резисторы марки МЛТ. Резисторы *R13*, *R14* (блок *У5*) и *R5* (блок *У6*) намотаны на резисторах МЛТ-2 высокоомным проводом. Резисторы регуляторов уровня и тембра — СП3-12В, подстроечные резисторы *R2*, *R5*, *R10* (блок *У5*) и *R12* (блок *У6*) — СП3-1В. Резистор *R4* (блок 6) — СП5-28А.

Электролитические конденсаторы *С6*, *С7*, *С9* (вне блоков) — К50-3Б. Остальные — К50-6. Конденсаторы постоянной емкости — МБМ, БМ-2, КМ, КЛС. Реле *Р1* — РЭС-9, паспорт РС4.524.200 или РС4.524.201.

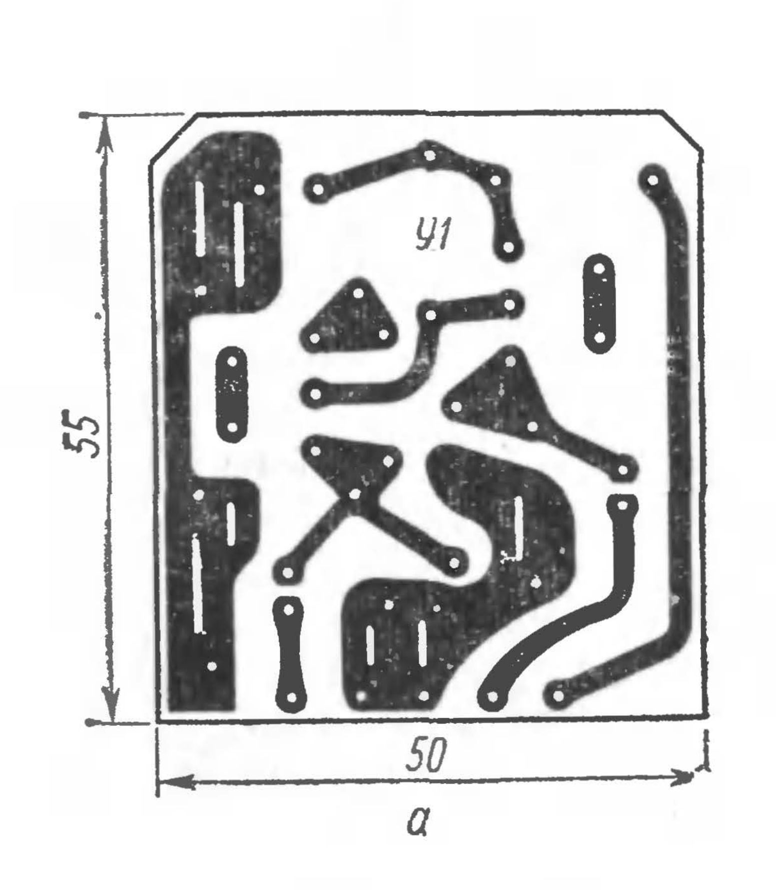
Трансформатор питания намотан на магнитопроводе из пластин Ш20, толщина набора 64 мм, площадь окна 20 × 50 мм². Обмотка *1-2* содержит 353 витка провода ПЭВ-1 0,49; *2-3* — 481 виток ПЭВ-1 0,65; *4-5* — 223 витка ПЭВ-1 1,25 и *6—7* — 132 витка ПЭВ-1 0,18.

Входные и выходные разъемы — унифицированные СГ-3. Сетевой предохранитель *Пр1* — ПМ-1. Индикатором включения усилителя служит лампа КМ60, 55 мА. В качестве стрелочного индикатора использован прибор М4283 с током полного отклонения 250 мкА.

Налаживание усилителя начинают с регулировки блока питания. Для этого полностью смонтированный и проверенный блок питания включают в сеть переменного тока (усилитель при этом должен быть отключен). С помощью подстроечного резистора *R12* по вольтметру постоянного напряжения, подключенному к выходу стабилизатора, устанавливают выходное напряжение +62 В. Далее к выходу стабилизатора следует подключить цепочку, состоящую из последовательно соединенных эквивалента нагрузки (мощного проволочного резистора сопротивлением 30 Ом) и амперметра с током полного отклонения не менее 2,5 А. Показания амперметра должны быть около 2 А, а напряжение +62 В, контролируемое вольтметром, практически не должно измениться, что свидетельствует о нормальной работе стабилизатора.

После этого приступают к налаживанию устройства защиты. Изменяя сопротивление нагрузочного резистора, устанавливают ток через стабилизатор 2,3 А и, вращая движок переменного резистора *R4*, добиваются надежного срабатывания устройства защиты.

Стабилизатор напряжения на —33 В регулировки не требует, необходимо лишь убедиться в наличии на его выходе указанного выше напряжения. На этом регулировка блока питания заканчивается, и можно приступать к налаживанию усилителя.



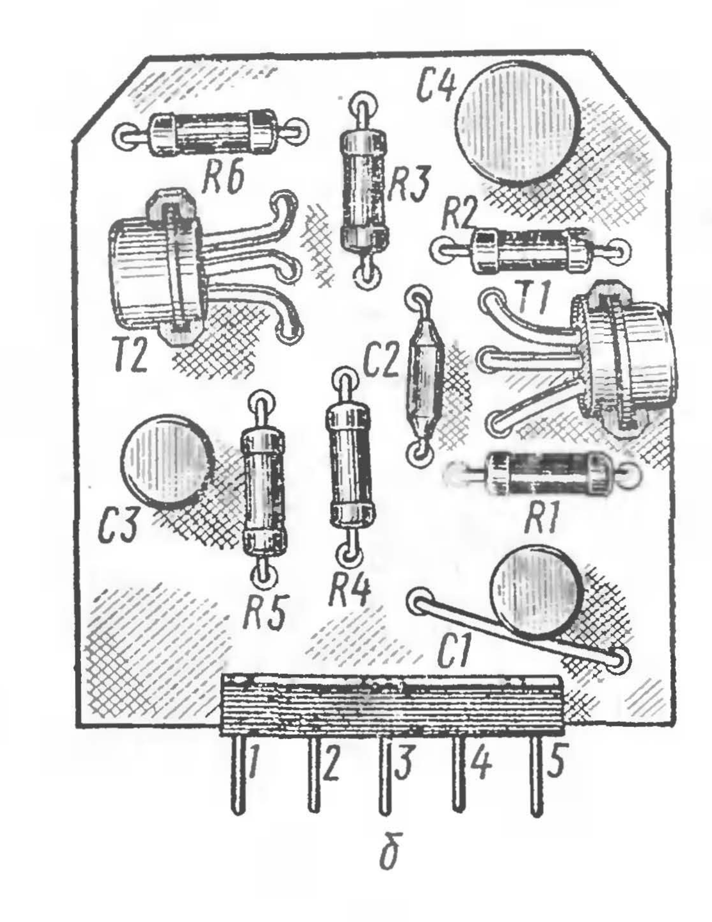
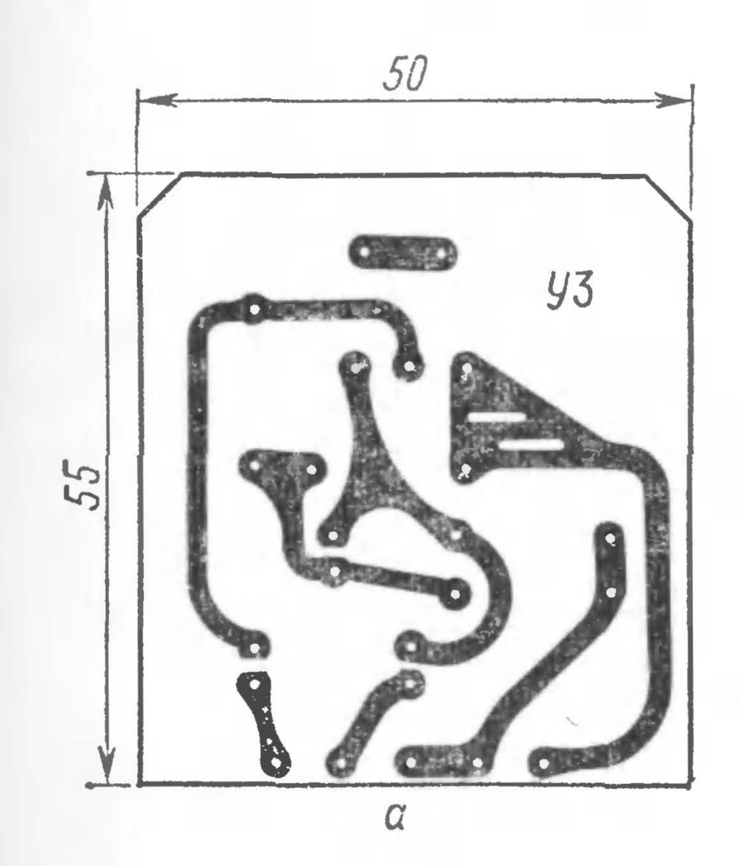


Рис. 7. Микрофонный усилитель (*У1, У2*):
а — печатная плата; *б* — общий вид



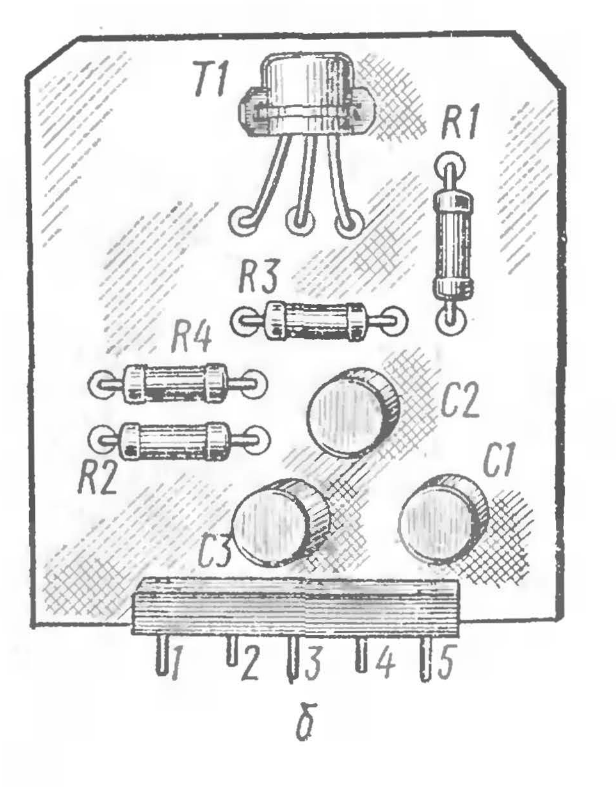
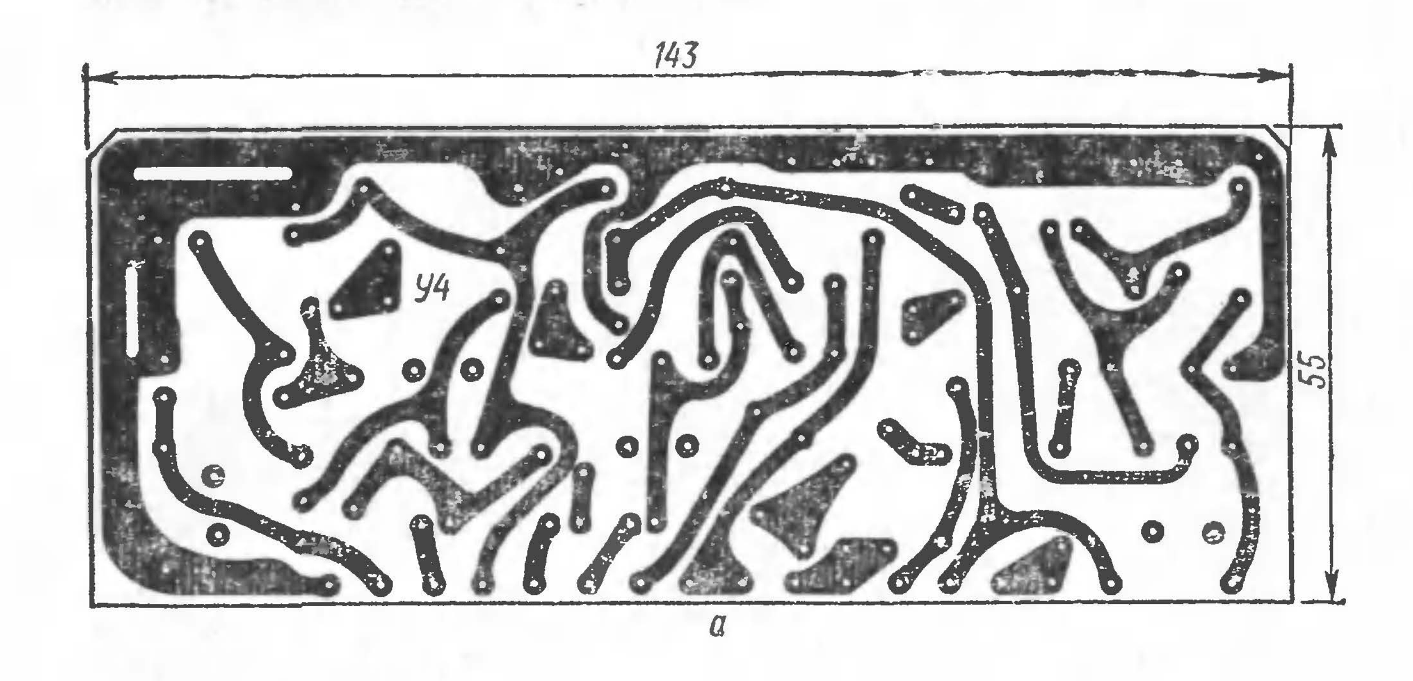
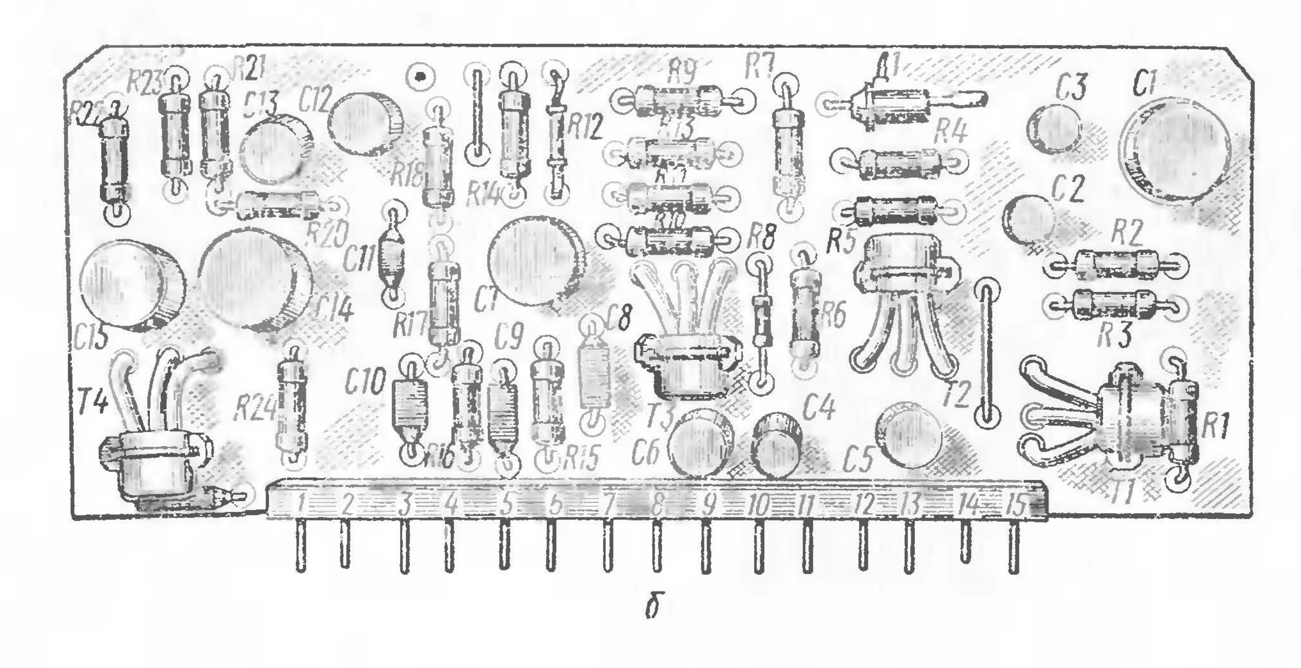


Рис. 8. Эмиттерный повторитель (*У3*):
а — печатная плата; *б* — общий вид

При правильном монтаже блоки *У1—У4* в налаживании не нуждаются. Для регулировки усилителя мощности к одному из входов усилителя подключают звуковой генератор, а к выходу — соединенные параллельно эквивалент нагрузки (мощный проволочный резистор сопротивлением 4 Ом) и осциллограф. К средней точке оконечного усилителя (положительная обкладка конденсатора *C7*) подключают вольтметр постоянного напряжения. С помощью подстроечного резистора *R2* производят симметрирование выходного каскада, добиваясь, чтобы напряжение в средней точке было равно половине напряжения источника питания. Далее со звукового генератора на один из входов подают сигнал частотой 1000 Гц и амплитудой, определяемой чувствительностью усилителя. Вращая движок переменного резистора *R10*,

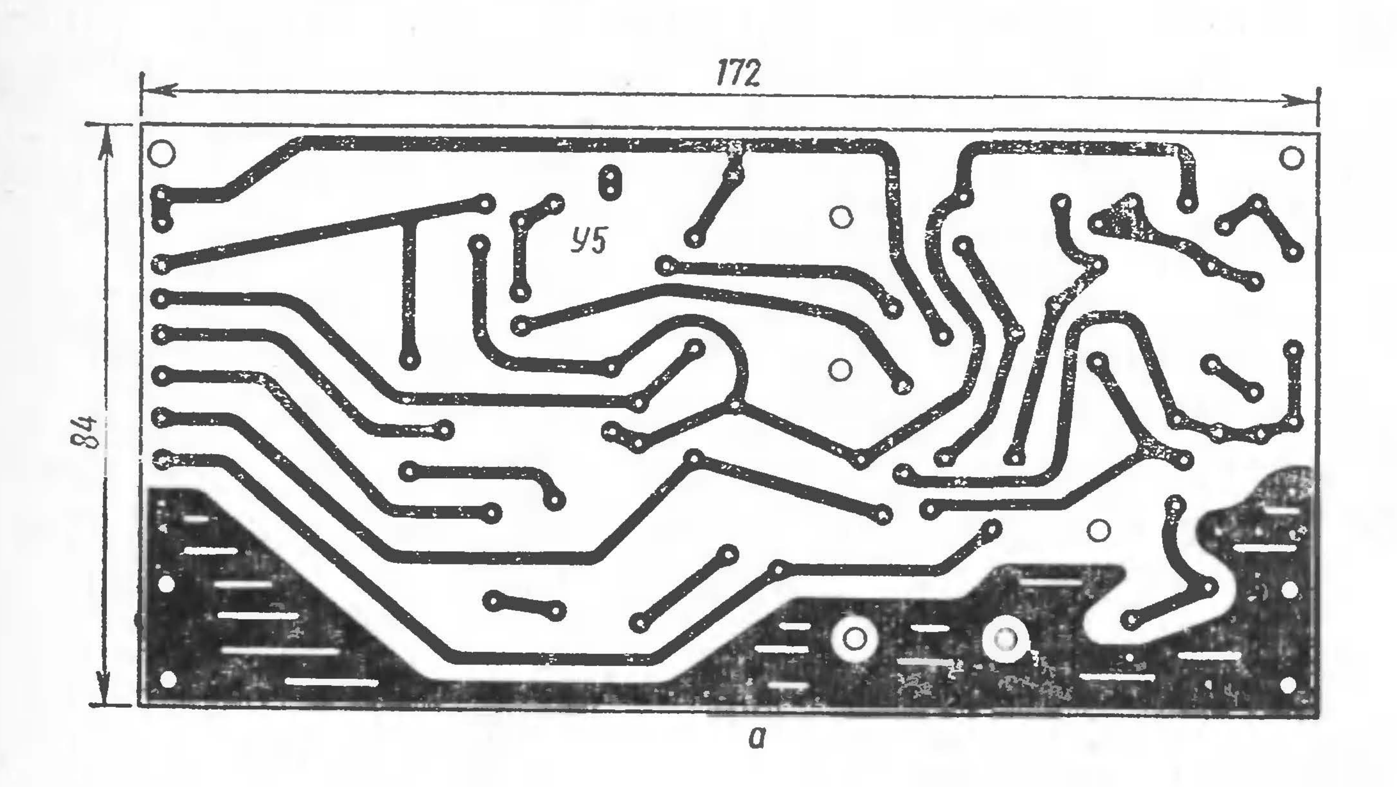


а

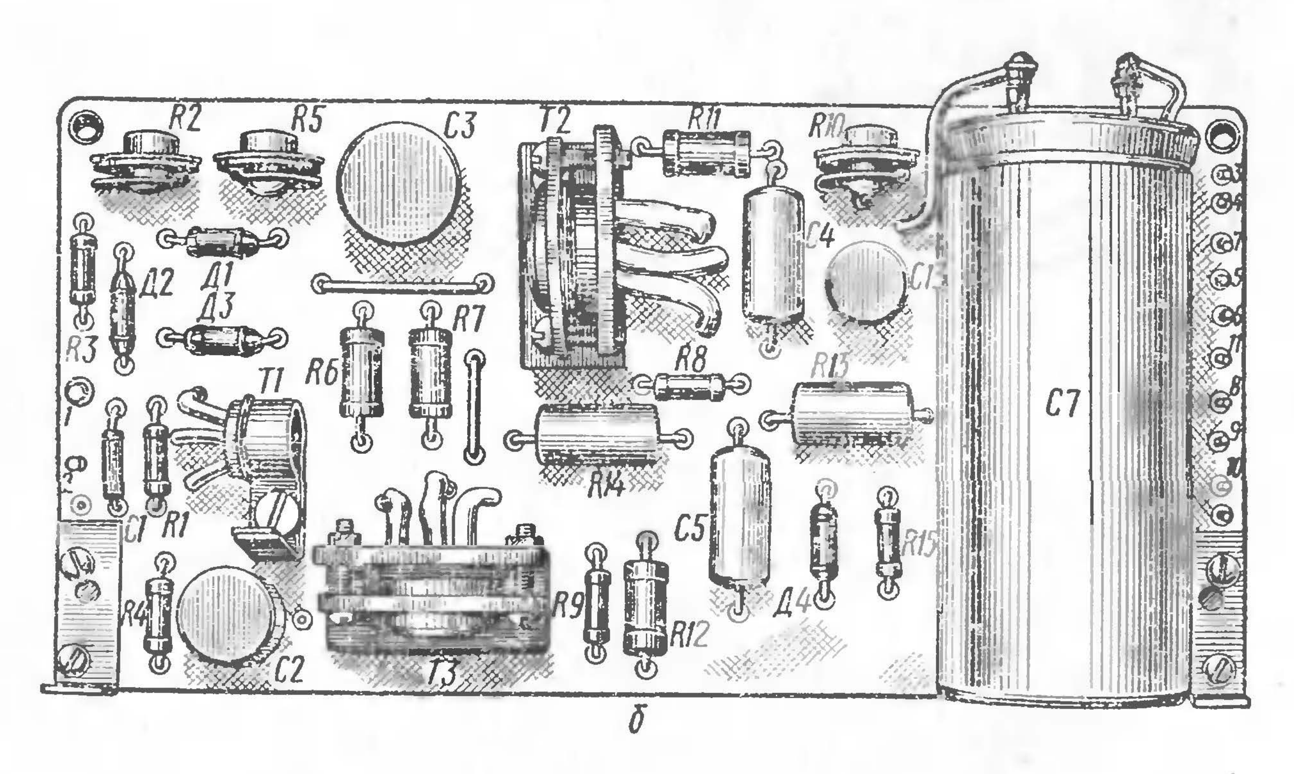


б

Рис. 9. Предварительный усилитель (*УА*):
а — печатная плата; *б* — общий вид

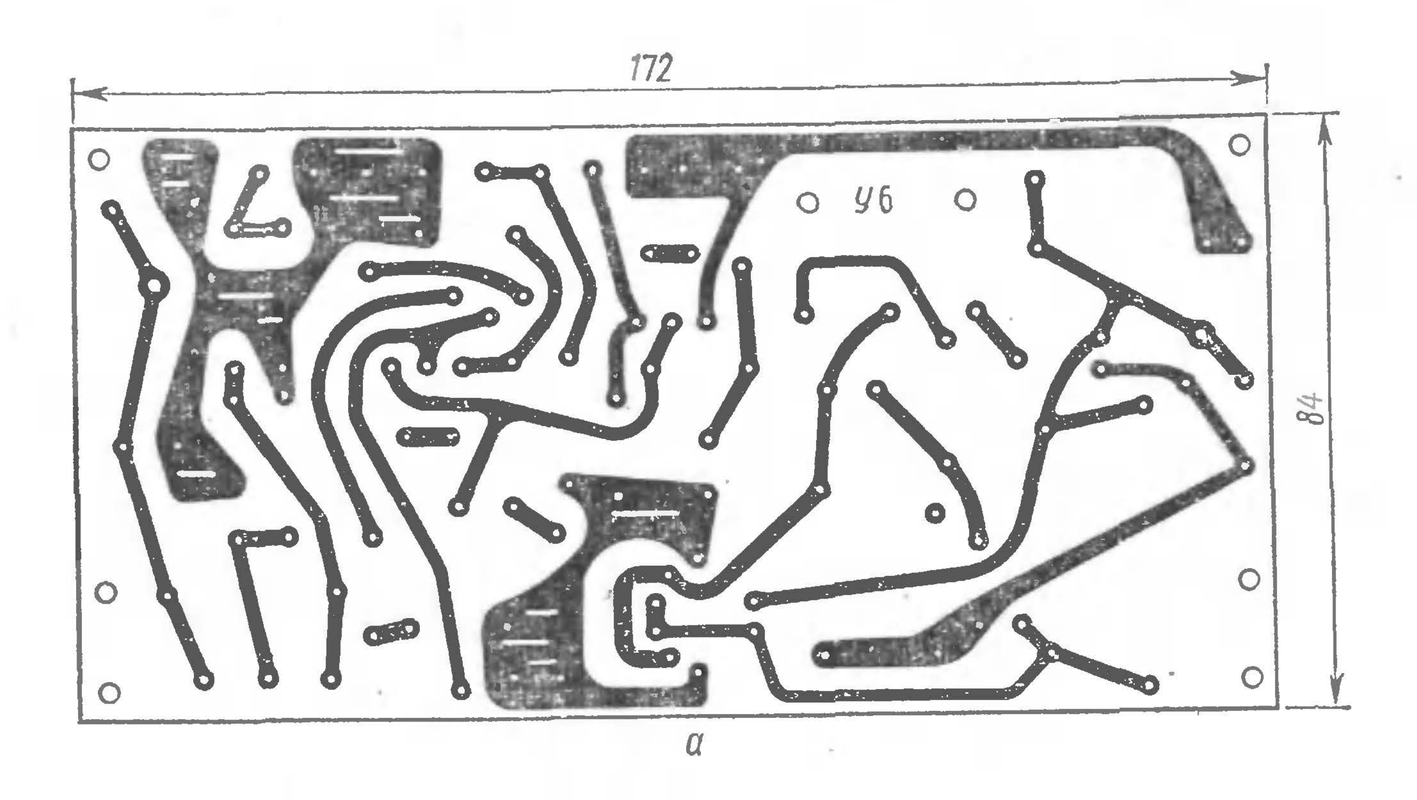


а



б

Рис. 10. Оконечный усилитель (*У5*):
а — печатная плата; *б* — общий вид



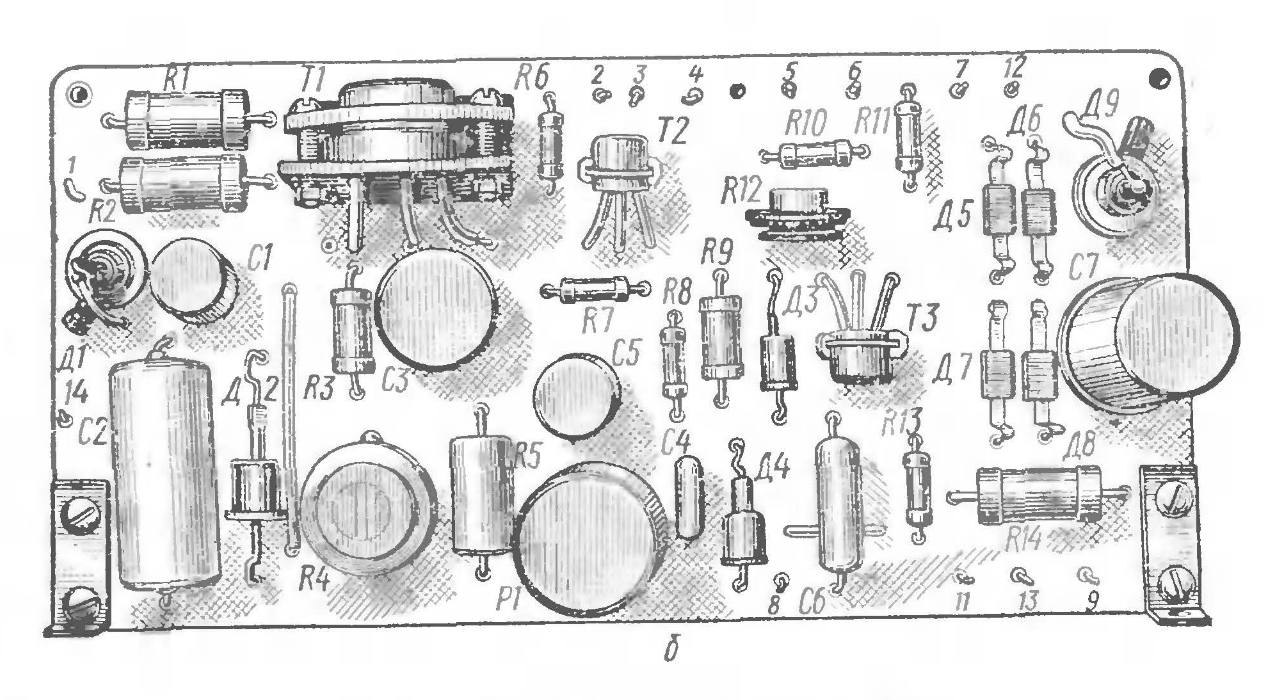


Рис. 11. Бок питания *(У6)*:

а — печатная плата; *б* — общий вид

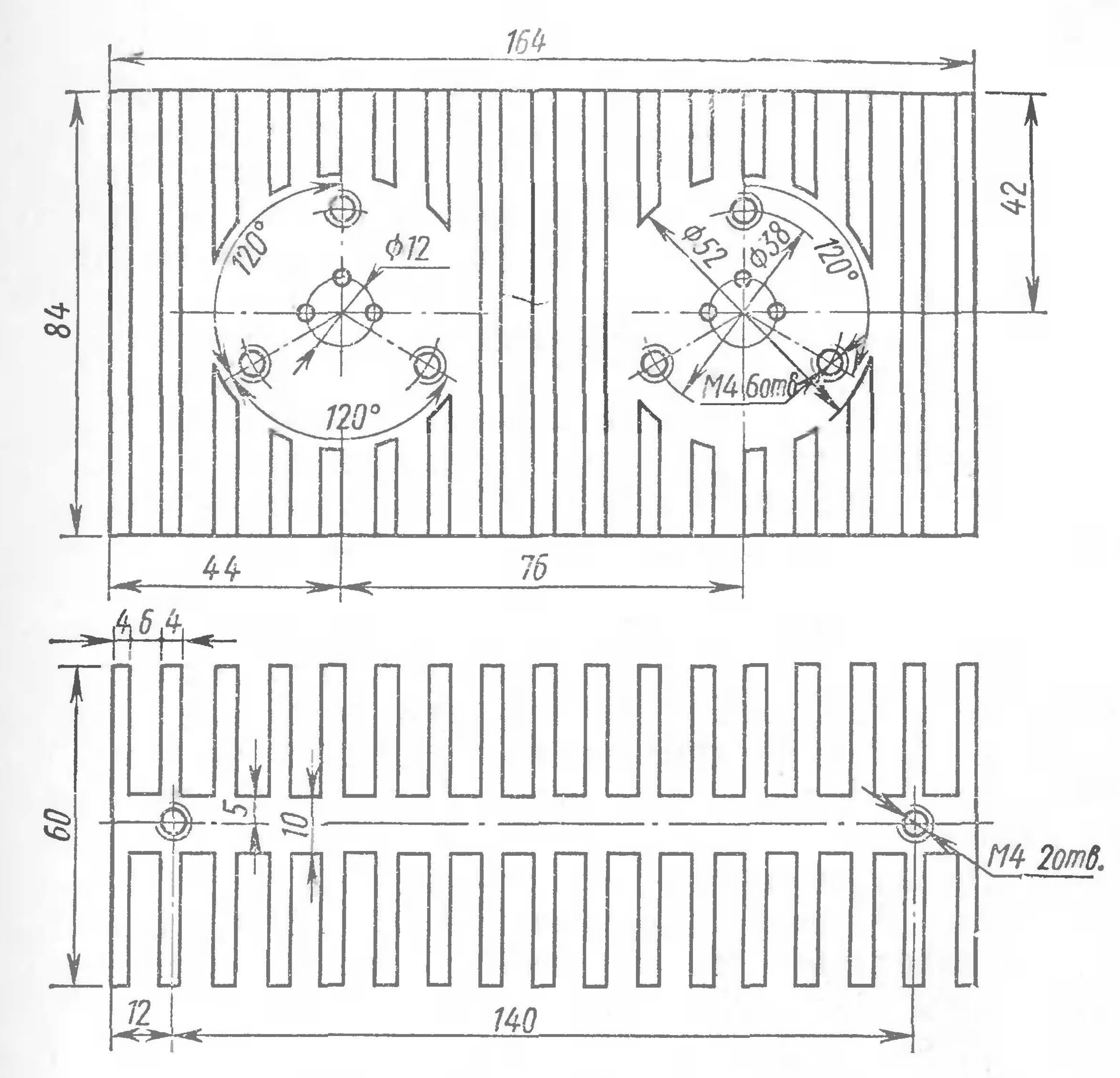


Рис. 12. Радиатор выходных транзисторов

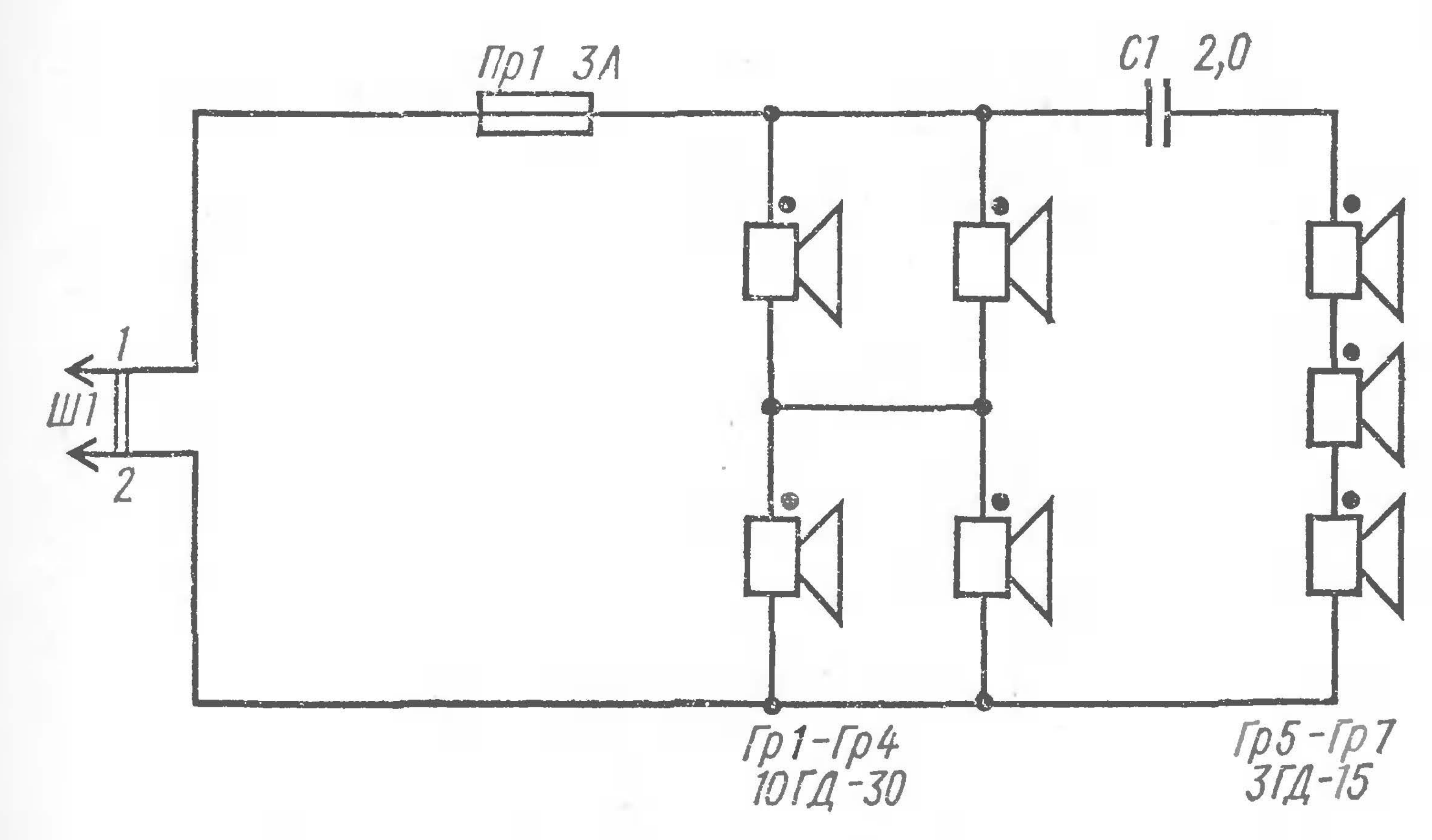


Рис. 13. Соединение головок громкоговорителя

устанавливают номинальную чувствительность усилителя, добиваясь наличия на экране осциллографа синусоидального сигнала амплитудой 47В, что соответствует выходной мощности 70 Вт. При амплитуде выходного сигнала 51—54 В должно наступать его симметричное ограничение, что свидетельствует о правильной регулировке усилителя.

Ток покоя выходных транзисторов устанавливают подстроечным резистором *R5* около 70—100 мА. При этом искажения выходного сигнала минимальны. Измерение остальных параметров усилителя производят по методике, приведенной в статье Ю. Пахомова «Основные параметры усилителя НЧ и их измерение» («Радио», 1974, № 4, с. 51—54).

Громкоговоритель. Для совместной работы с усилителем используются два идентичных громкоговорителя закрытого типа, в каждом из которых установлено семь головок: четыре низкочастотных 10ГД-30 и три высокочастотных 3ГД-15. Схема соединения головок громкоговорителей приведена на рис. 13. Ящики громкоговорителей изготовлены из древесно-стружечных плит толщиной 18 мм. Размер каждого ящика 750 × 550 × 260 мм. Задние стенки изготовлены из 10-мм фанеры и наглухо привинчены к корпусу. Внутренний объем ящиков заполнен хлопчатобумажной ватой.

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

ГЕНЕРАТОР КАЧАЮЩЕЙСЯ ЧАСТОТЫ

В. Ковалев

Для настройки усилителей промежуточной частоты, различных фильтров, в том числе фильтров сосредоточенной селекции, очень удобно использовать генератор качающейся частоты (ГКЧ). Однако большинство таких устройств довольно сложно, и их изготовление и налаживание занимают много времени. В публикуемой статье приводится описание схемы и конструкции простого ГКЧ на среднюю частоту 465 кГц. Несмотря на простоту, этот ГКЧ позволяет быстро настроить фильтр ПЧ с достаточной для любительских целей точностью. ГКЧ рассчитан на работу с любым осциллографом, полоса рабочих частот которого соответствует полосе частот настраиваемого фильтра.

Принцип работы ГКЧ удобно рассмотреть, пользуясь его структурной схемой, изображенной на рис. 1. Частота задающего генератора *1* изменяется с помощью варикапа *2*, управляемого напряжением сети 50 Гц. Напряжение задающего генератора с изменяющейся частотой через буферный каскад *3* поступает на суммирующее устройство *4*. Одновременно сюда же через другой буферный каскад *5* поступает сигнал калибровочного

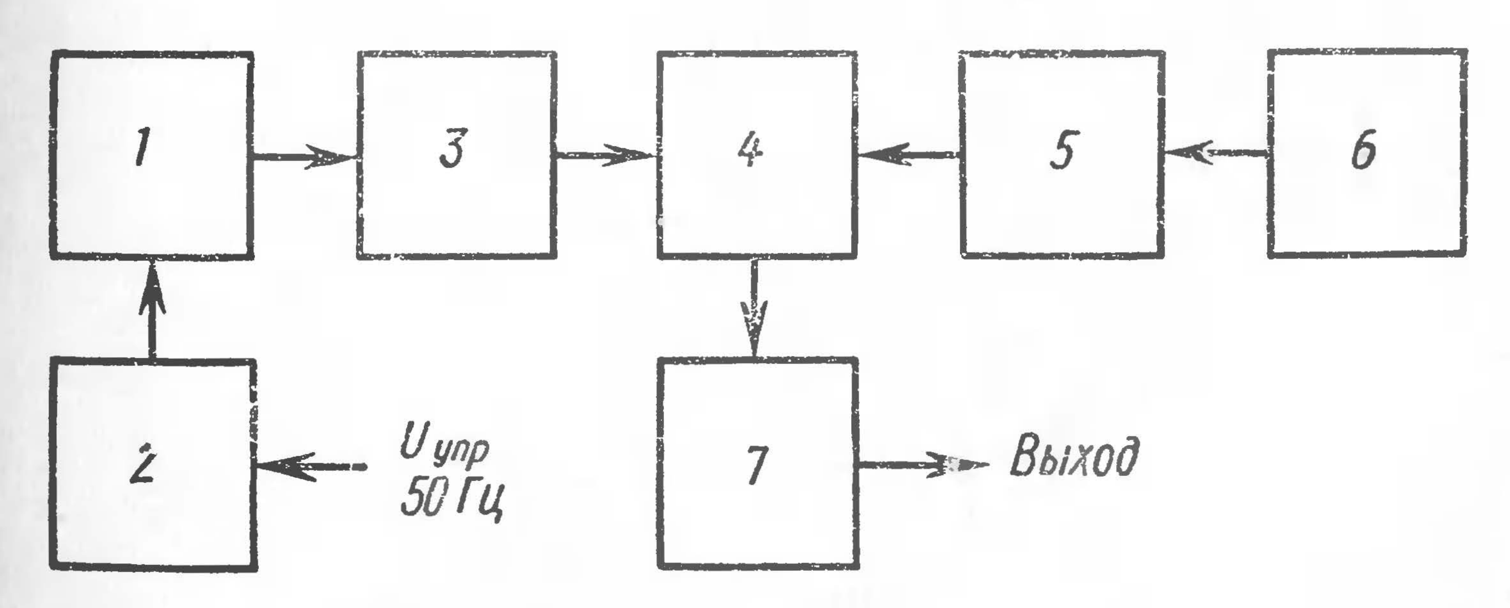


Рис. 1. Структурная схема генератора:

1 — задающий генератор; *2* — управляемый элемент (варикап); *3*, *5* — буферные каскады; *4* — суммирующее устройство; *6* — калибровочный генератор; *7* — эмиттерный повторитель

генератора *6*, служащего для образования метки частоты. С выхода суммирующего устройства оба сигнала поступают на эмиттерный повторитель *7* и с него на выход устройства. Сигнал с выхода ГКЧ подается на настраиваемые усилитель или фильтр ПЧ, выходы которых подключаются непосредственно к осциллографу с синхронизацией развертки от сети. На экране осциллографа в этом случае будет наблюдаться двухполярный сигнал с огибающей, соответствующей частотной характеристике настраиваемого фильтра или усилителя ПЧ.

Частотная метка формируется методом нулевых биений огибающей суммы напряжений генераторов. Наличие связи между генераторами приводит к захватыванию их частот и расширению метки. Чтобы уменьшить область захватывания и сузить метку, в описываемом ГКЧ используют два буферных каскада.

Принципиальная схема ГКЧ приведена на рис. 2. Задающий генератор собран на транзисторе *Т1* по схеме с индуктивной связью. Колебательный контур образован первичной обмоткой *I* трансформатора *Тр1* и емкостью закрытого перехода диода *Д3*. Эта емкость изменяется при подаче на диод напряжения сети через переменный резистор *R5*, с помощью которого можно установить нужную девиацию частоты. Чтобы диод *Д3* не

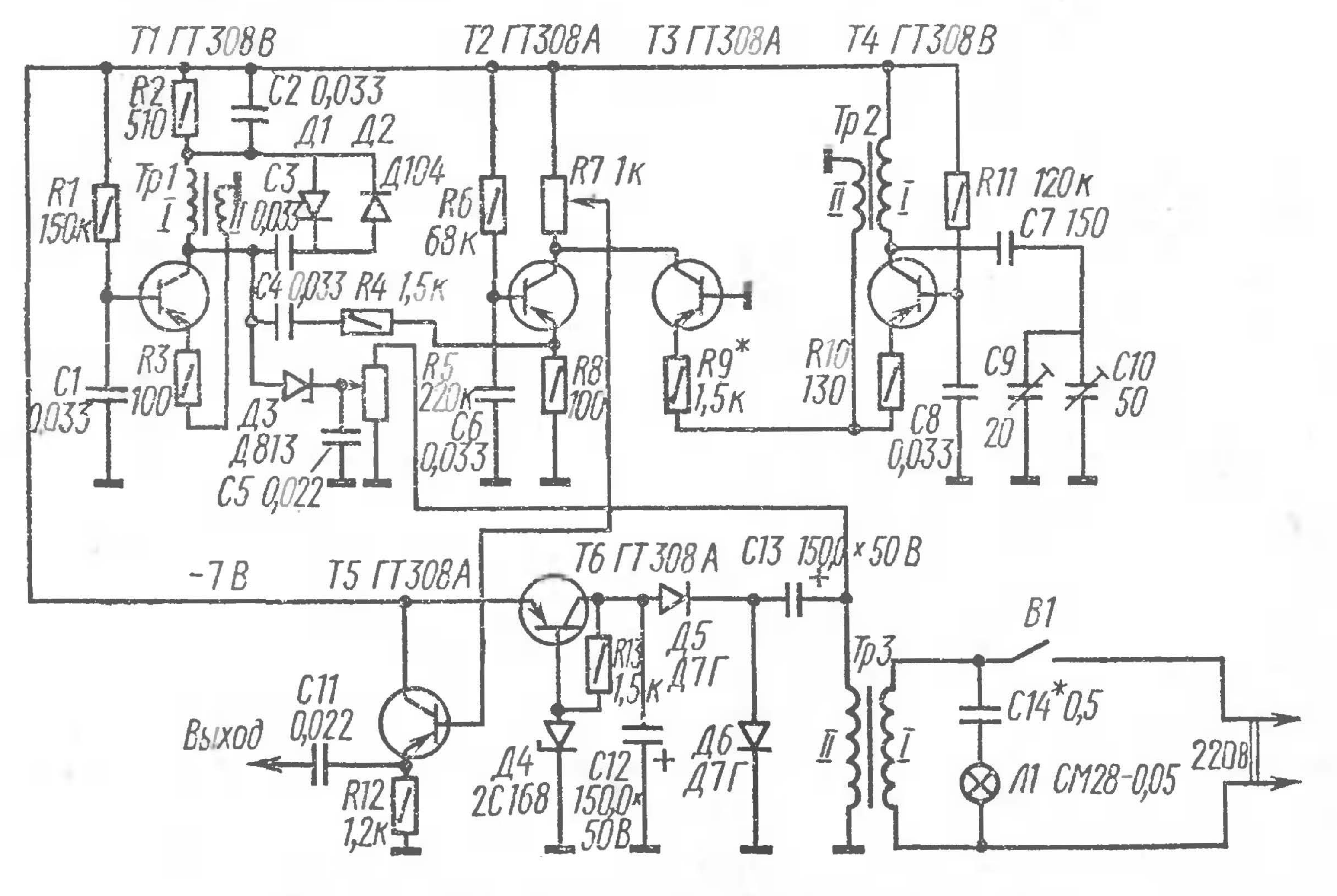


Рис. 2. Принципиальная схема генератора

открывался при амплитудных значениях напряжения генератора, с помощью диодов *Д1* и *Д2* это напряжение ограничивается до уровня 0,5 В. В цепь эмиттера транзистора *Т1* включен резистор *R3*, улучшающий форму напряжения задающего генератора.

Сигнал с задающего генератора через конденсатор *С4* и резистор *R4* подается на буферный каскад, выполненный на транзисторе *Т2* по схеме с общей базой. С коллекторной нагрузки этого транзистора — резистора *R7* сигнал поступает на базу транзистора *Т5*, включенного по схеме эмиттерного повторителя. С эмиттера этого транзистора через конденсатор *С11* сигнал подается на выход ГКЧ. Уровень выходного сигнала регулируется переменным резистором *R7*.

Генератор калибровочной частоты собран на транзисторе *Т4* по схеме с общей базой. Частота этого генератора изменяется с помощью конденсатора переменной емкости *С10*. Сигнал калибровочной частоты через резистор *R9* поступает на буферный каскад, собранный на транзисторе *Т3* также по схеме с общей базой, но работающий без начального смещения. Сигнал калибровочной частоты выделяется на общем для обоих буферов резисторе *R7*.

Выпрямитель ГКЧ собран на диодах *Д5—Д6*. Выпрямленное напряжение стабилизируется стабилизатором на транзисторе *Т6* и подается на каскады ГКЧ.

В приборе используются трансформаторы *Тр1* и *Тр2*, выполненные на тороидальных сердечниках К7 × × 4 × 2 из феррита М600НН. Первичная обмотка трансформатора *Тр1* содержит 80, вторичная 7 витков, а трансформатора *Тр2* соответственно 140 и 11 витков. Все обмотки намотаны проводом ПЭЛШО 0,12. В качестве трансформатора питания можно использовать трансформатор ТВК от телевизоров «Рекорд», «Зенит», «Луч».

Конструктивно ГКЧ выполнен в виде блока размером 156 × 86 × 58 мм. На лицевой панели блока размещены: тумблер включения, лампа сигнализации работы, ручка конденсатора генератора калибровочной частоты, а также ручки переменных резисторов регулировки девиации частоты *R5* и регулировки уровня выходного сигнала *R7*. На торцевых стенках расположены выходные гнезда и шланг питания.

Порядок работы с прибором следующий. Прибор включают в сеть, и к его выходу подключают настраи-

ваемый фильтр и осциллограф. Генератор калибровочной частоты устанавливают на требуемую частоту настройки фильтра и настраивают фильтр по резонансной кривой на экране осциллографа. Для более точной настройки метку «отводят» в сторону, чтобы она не искажала форму огибающей. После настройки фильтра проверяют его среднюю частоту и полосу пропускания, устанавливая метку в нужном месте на экране осциллографа. Более точную частотную характеристику фильтра снимают с помощью ГСС и лампового вольтметра.

ИЗМЕРИТЕЛЬ ДОБРОТНОСТИ

Н. Зимин

Прибор предназначен для измерения добротности катушек индуктивности и контуров в пределах от 10 до 600. Погрешность измерения на частотах до 15 МГц около 10%; выше 15 МГц погрешность возрастет и на частоте 33 МГц достигнет 30%.

Принципиальная схема измерителя добротности изображена на рис. 1. Добротность измеряют введением в исследуемый последовательный контур $L_к C_к$ эталонного напряжения e от генератора с малым выходным сопротивлением. При настройке контура в резонанс напряжение на емкости контура $U_{ск}$ возрастает в Q раз:

$$U_{ск} = eQ$$

или

$$Q = \frac{U_{ск}}{e}.$$

Приняв эталонное напряжение e за единицу, отсчет добротности можно производить непосредственно по шкале лампового вольтметра.

Функционально прибор можно разделить на три блока: плавный генератор ВЧ, измеритель тока и ламповый вольтметр.

Генератор собран на лампе *Л1* по схеме индуктивной трехточки. Частотный диапазон плавного генератора разбит на пять поддиапазонов: 100—330 кГц; 330 кГц—1 МГц; 1—3,3 МГц; 3,3—10 МГц; 10—33 МГц. Точность

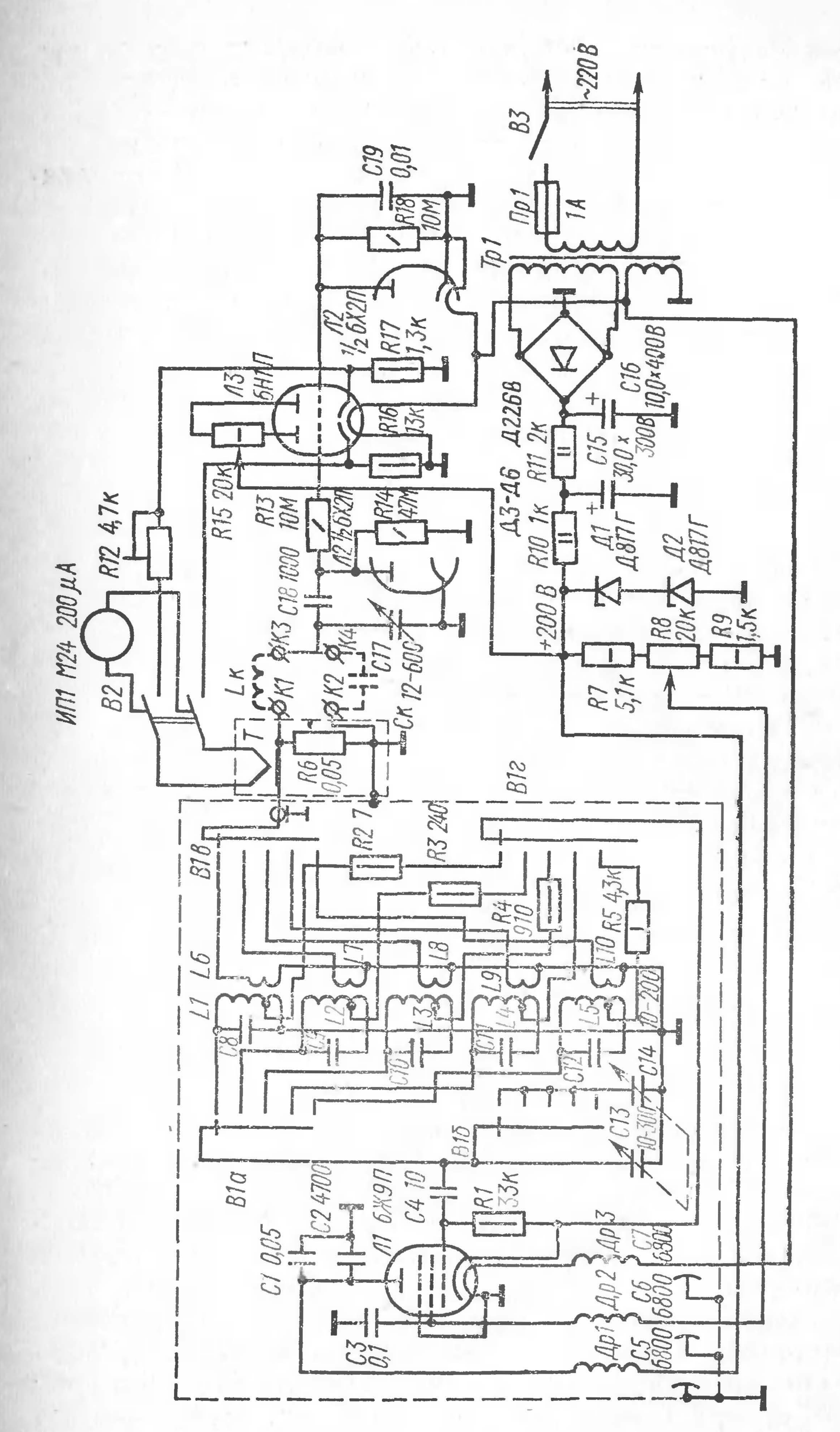


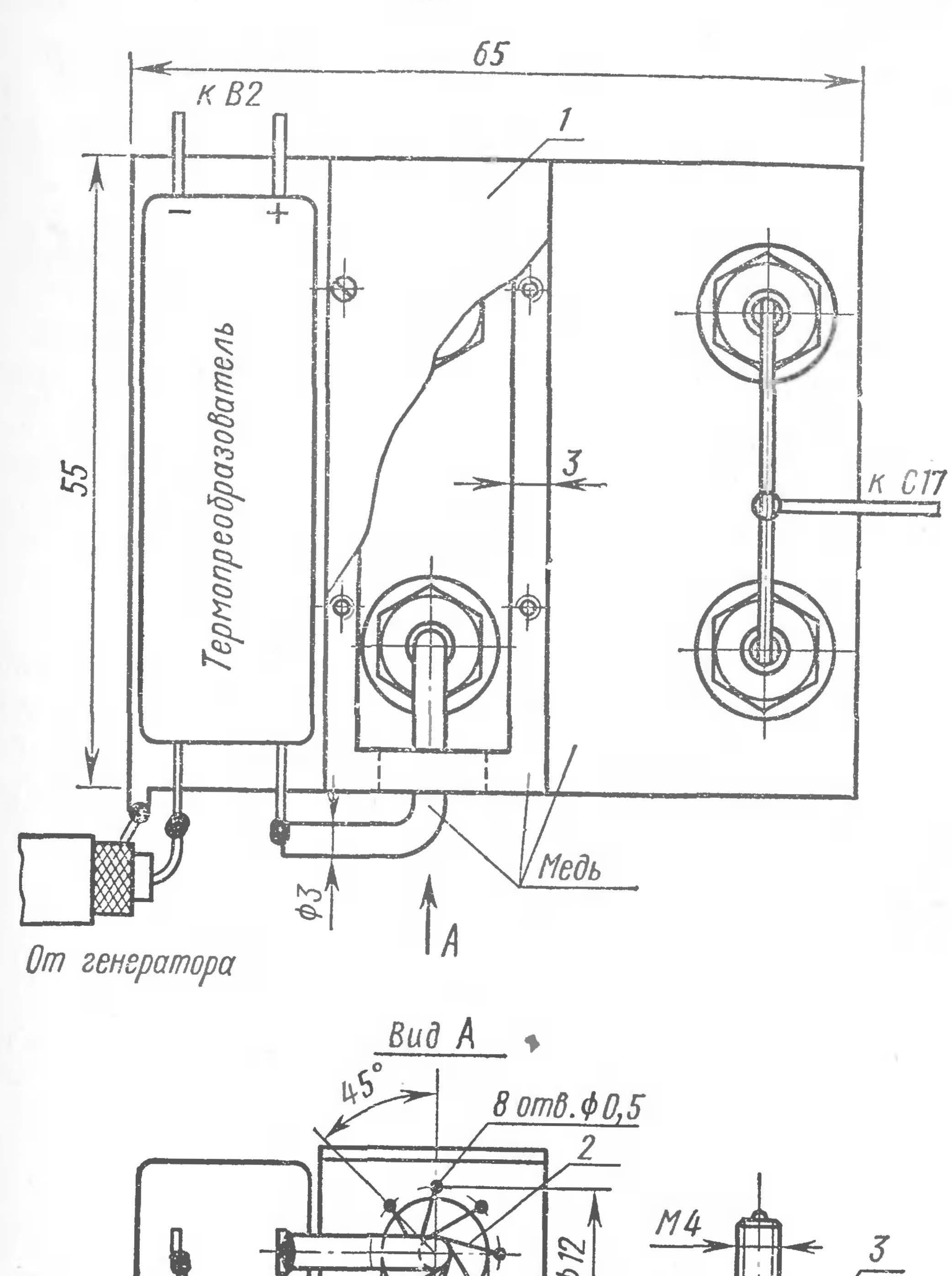
Рис. 1. Принципиальная схема измерителя добротности

установки частоты 2%. Коэффициент перекрытия по частоте на каждом из пяти диапазонов 3,3. Частота перестраивается блоком сдвоенных конденсаторов *С13—С14*, причем на первых четырех диапазонах работают оба параллельно включенных конденсатора, а на пятом один конденсатор *С13*. Для уменьшения коэффициента гармоник и повышения стабильности амплитуды выходного напряжения в цепь обратной связи включены резисторы *R2—R5*. Измерительный контур связан с генератором при помощи катушек связи *L6—L10*. Чтобы высокочастотное напряжение не попало в измерительный контур помимо входа, генератор экранирован; для этой же цели служат проходные конденсаторы *С5—С7* и дроссели *Др1—Др3*.

Измерительная часть схемы состоит из высокочастотного термопреобразователя, резистора связи *R6*, индикатора и лампового вольтметра (*Л2*, *Л3*). Индикатором тока и вольтметром служит микроамперметр М24 с током полного отклонения 200 мкА. Термопреобразователь рассчитан на номинальный ток 220 мА, выходная термоэдс его составляет 15 мВ, что достаточно для отклонения стрелки микроамперметра на всю шкалу. При указанном значении тока и сопротивлении резистора *R6* 0,05 Ом вводимое в контур $L_к C_к$ высокочастотное напряжение составляет 10 мВ. Максимальное значение добротности по основной шкале равно 200. Расширение предела измерений достигается уменьшением вводимого в контур высокочастотного напряжения. В этом случае значение добротности по основной шкале умножается на соответствующий коэффициент. Выходное напряжение генератора регулируется по экранной сетке лампы *Л1* резистором *R8*.

Резистор связи *R6* должен быть безреактивным. Его конструкция показана на рис. 2.

Ламповый вольтметр собран по мостовой балансной схеме на лампах *Л2*, *Л3*. Функции измерительного детектора выполняет двойной диод *Л2*, левая половина которого работает детектором высокочастотного напряжения, а правая используется для компенсации начального тока детекторной лампы. Нуль вольтметра устанавливается переменным резистором *R15*. Описываемое устройство обладает малым дрейфом нуля, поэтому нет необходимости выводить ось резистора *R15* на переднюю панель прибора.



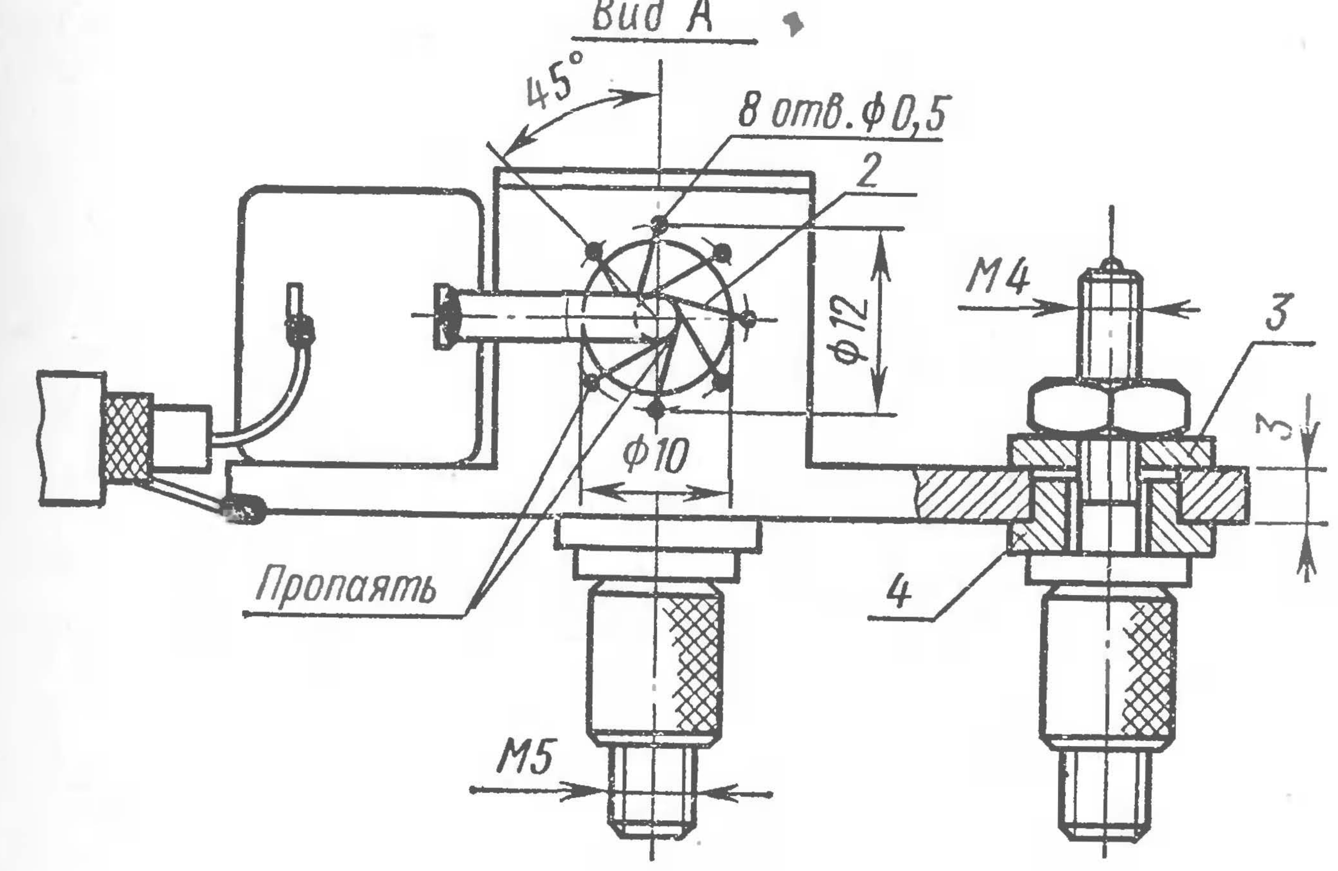


Рис. 2. Конструкция безреактивного резистора:

1 — экран; *2* — обмотка резистора, манганин диаметром 0,07 мм; *3* — шайба, фторопласт; *4* — втулка, фторопласт

Измерительным конденсатором *С17* может служить высокодобротный конденсатор с пропаянными статорными и роторными пластинами. Трансформатор питания может быть любого типа, на мощность 20—30 Вт, с выходными напряжениями 250 и 6,3 В.

Конструктивно прибор (рис. 3) выполнен в виде отдельных блоков, укрепленных на передней панели при помощи стоек. Вольтметр собран на печатной плате (рис. 4), на этой же плате установлен конденсатор измерительного контура *С17*.

Для настройки измерителя добротности необходимо иметь вольтметр Ц56/1, милливольтметр В3-3, измеритель *L* и *C* типа Е12-1А и гетеродинный вольтметр Ч4-1. При отсутствии указанных приборов их можно заменить другими аналогичного назначения.

Настройка генератора состоит в подборе емкости конденсаторов *С8—С12* в пределах 5—30 пФ до получения заданного перекрытия по диапазону и градуировке шкалы. Катушки *L1—L5* не имеют подстроечных сердечников, их индуктивность подгоняется прибором Е12-1А до получения значения, указанного в таблице.

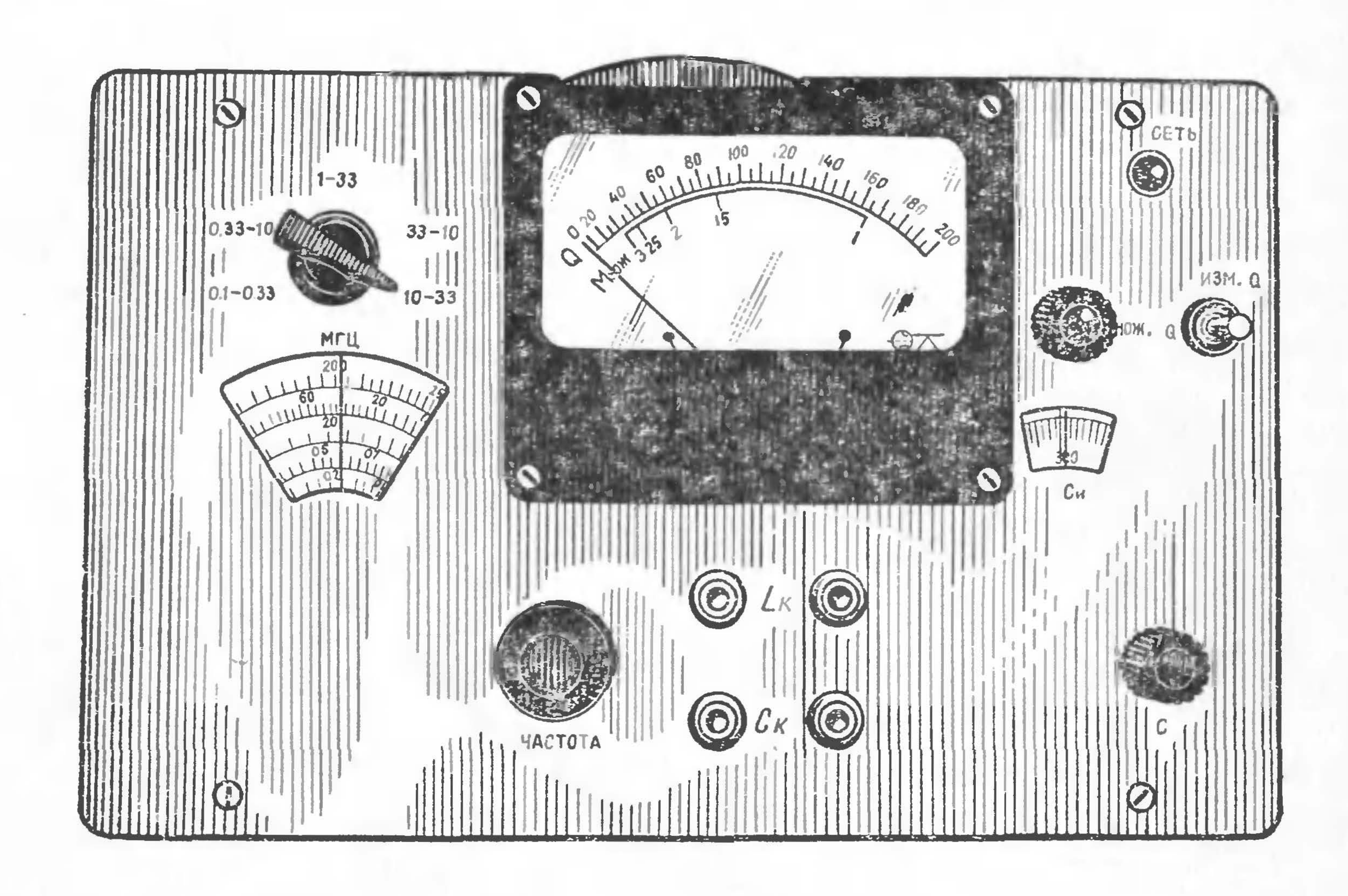


Рис. 3. Внешний вид прибора

Шкалу множителя добротности градуируют на частоте 50 Гц. Для этого левый по схеме конец подогревателя термопары подсоединяют к источнику напряжения 50 Гц, к выходным гнездам параллельно резистору *R6* подключают милливольтметр В3-3. Источником напряжения частотой 50 Гц может служить накальная обмотка трансформатора питания, подключаемая к подогревателю термопары через добавочный переменный резистор сопротивлением 100—150 Ом. При градуировке шкалы множителя добротности следует избегать перегрузок термопары, повышать напряжение нужно осторожно, начиная с минимального значения. Для расширения пре-

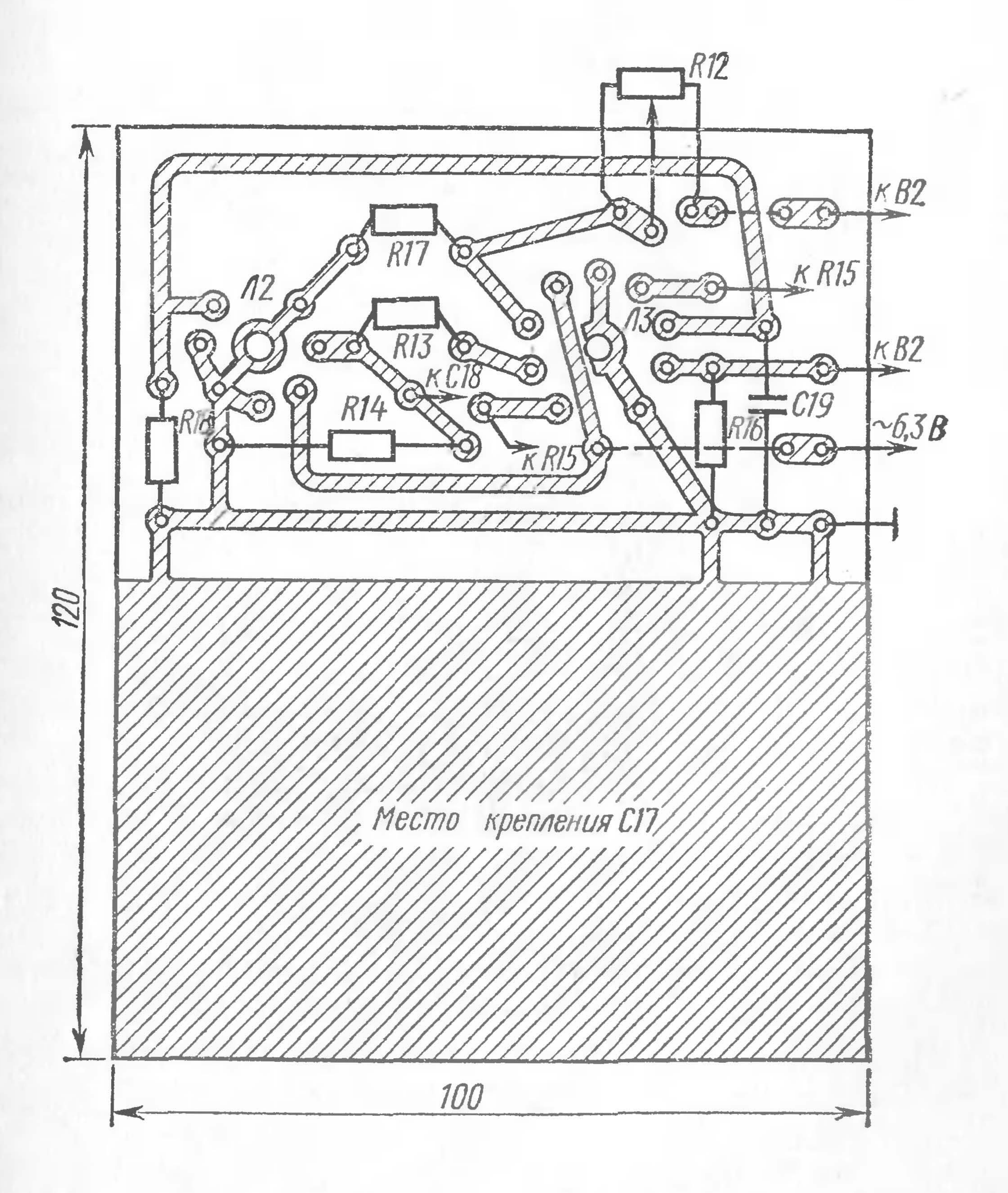


Рис. 4. Печатная плата вольтметра

Таблица

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Индуктивность, мкГ	Диаметр каркаса, *мм*
L1	4+4	Посеребр. 0,8	0,77	16
L2	13+6	ПЭВ-2 0,75	4,75	20
L3	26+26×2	ЛЭШО 11×0,07	47,5	12
L4	82+82×2	ЛЭШО 11×0,07	475	12
L5	130+48+178×3	ЛЭШО 5×0,09	4750	18
L6	0,7	ПЭВ-2 0,6	—	22
L7	0,7	ПЭВ-2 0,6	—	24
L8	0,7	ПЭВ-2 0,6	—	18
L9	0,7	ПЭВ-2 0,6	—	22
L10	0,7	ПЭВ-2 0,6	—	27

Примечание. Катушки *L1* и *L2* имеют рядовую намотку. *L3—L5* намотку «универсаль» в трех секциях, ширина секций 4 мм, расстояние между ними 3 мм. Катушки связи *L6—L10* располагаются поверх соответствующих контурных катушек *L1—L5* в их средней части.

делов измерения используются четыре множителя: 1,5; 2; 2,5; 3, что в единицах напряжения составит соответственно 6,66; 5; 4; 3,33 мВ.

Шкалу лампового вольтметра в единицах добротности градуируют также на частоте 50 Гц. Для этого переключатель *B2* ставят в нижнее по схеме положение. Анод левой половины лампы *Л2* через разделительный конденсатор емкостью 0,1 мкФ подключают к источнику напряжения частотой 50 Гц; параллельно ему включают образцовый вольтметр. Источник напряжения должен иметь возможность регулировки выходного напряжения от 0,1 до 2 В, что соответствует значениям добротности от 10 до 200. После пятнадцатиминутного прогрева выставляют нуль вольтметра. Выходное напряжение вольтметра устанавливают около 2 В. Резистором *R12* стрелку прибора ставят в крайнее правое положение. Градуировку производят в единицах добротности, учитывая, что на единицу добротности условно приходится 0,01 В напряжения.

Шкалу емкости измерительного контура *C17* градуируют по прибору Е12-1А. Вход прибора подключают к выходным гнездам измерителя добротности по возможности короткими проводами. Градуировку производят в полностью собранном и вставленном в кожух приборе.

ЭЛЕКТРОНИКА В АВТОМОБИЛЕ

ТИРИСТОРНЫЙ ЗАПУСК ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ

В. Ломанович, А. Кузьминский

Зимний запуск автомобильного двигателя с жидкостным охлаждением значительно облегчается при наличии предпускового подогревателя. Горючая смесь поджигается в камере горения подогревателя либо с помощью свечи накаливания, либо от обычной свечи и дополнительной катушки зажигания с электромагнитным прерывателем тока. Поджиг с помощью свечи накаливания наименее экономичен, так как ток, потребляемый такой свечой, может достигать более 10 А. Значительно эффективнее искровое устройство поджига с катушкой зажигания. В этом случае вместо свечи накаливания используется обычная запальная свеча или разрядник. Прерывателем тока служит электромагнитное реле, включенное как зуммер. Наличие в этой системе механических контактов является ее наиболее слабым местом, так как коммутируемый ими ток достигает 3—4 А и прерыватель быстро выходит из строя.

Ниже приводится описание бесконтактного устройства поджига, выполненное на тиристоре. Оно обеспечивает наиболее мощную искру и отличается от других систем высокой надежностью, долговечностью работы и экономичностью.

Принципиальная схема предлагаемого устройства приведена на рис. 1. Питается оно от источника постоянного напряжения 220 В. Например, от преобразователя напряжения 12—220 В. Описания подобных транзисторных преобразователей постоянного напряжения неоднократно приводились в литературе. Если на автомобиле установлена тиристорная система зажигания (например, выполненная по схеме, помещенной в журнале «Радио», 1966, № 6), то можно воспользоваться ею для питания устройства поджига. Для этого нужно намотать дополнительную повышающую обмотку на трансформа-

торе преобразователя напряжения, содержащую 900 витков провода ПЭЛШО 0,15. К обмотке подключают выпрямительный мост, выполненный на четырех диодах Д226 В. Выпрямленное напряжение подают на зажимы *1* и *2* устройства поджига в указанной на схеме полярности.

В устройстве используется принцип конденсаторно-тиристорной системы зажигания. Необходимая энергия искрообразования обеспечивается с помощью накопительного конденсатора *С2*. Заряжаясь от источника постоянного напряжения 220 В, он периодически отдает

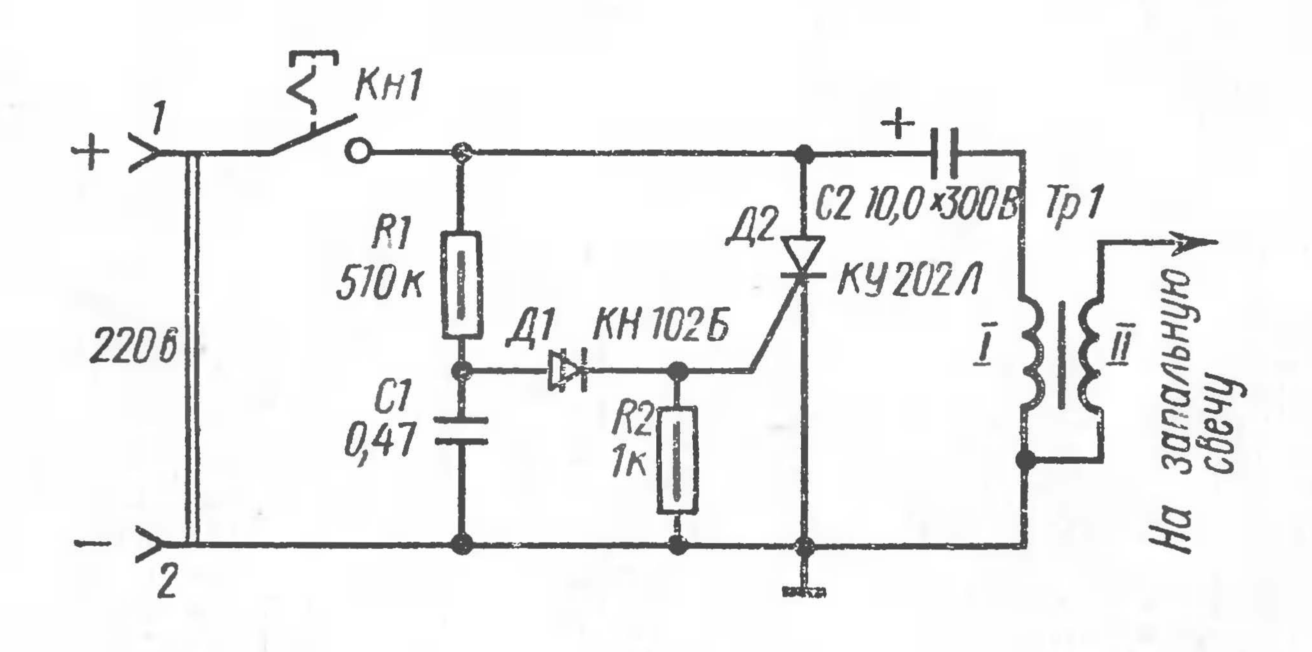


Рис. 1. Принципиальная схема бесконтактного устройства поджига с динистором

накопленную энергию, разряжаясь через тиристор *Д2* на первичную обмотку *I* катушки зажигания *Тр1*. Релаксационный генератор, выполненный на времязадающей цепочке *R1C1* и динисторе *Д1*, обеспечивает переключение тиристора *Д2* с частотой 5—8 Гц. Процесс протекает в такой последовательности: после замыкания кнопки *Кн1* конденсатор *С1* начинает заряжаться через резистор *R1* и первичную обмотку катушки зажигания *Тр1*. Динистор *Д1* и тиристор *Д2* первоначально закрыты. Как только напряжение на обкладках конденсатора *С1* станет равным напряжению переключения динистора *Д1*, последний переходит в проводящее состояние; конденсатор *С1* разряжается через динистор *Д1* и управляющий электрод тиристора *Д2*. Тиристор *Д2* открывается, и накопительный конденсатор *С2* разряжается через него и первичную обмотку катушки зажигания *Тр1*.

Импульс высокого напряжения со вторичной обмотки катушки зажигания поступает на запальную свечу или разрядник, установленный в камере горения подогревателя. Динистор *Д1* и тиристор *Д2* при этом закрываются, и конденсаторы *С1* и *С2* заряжаются. Затем весь процесс повторяется. Частота искрообразования при указанных на схеме рис. 1 параметрах времязадающей цепочки *R1C1* находится в пределах 5—8 Гц. Длина искры в воздухе достигает 15 мм. Ток, потребляемый устройством поджига от аккумулятора, не превышает 0,5 А.

При отсутствии динистора тиристорное устройство поджига можно выполнить по схеме, приведенной на

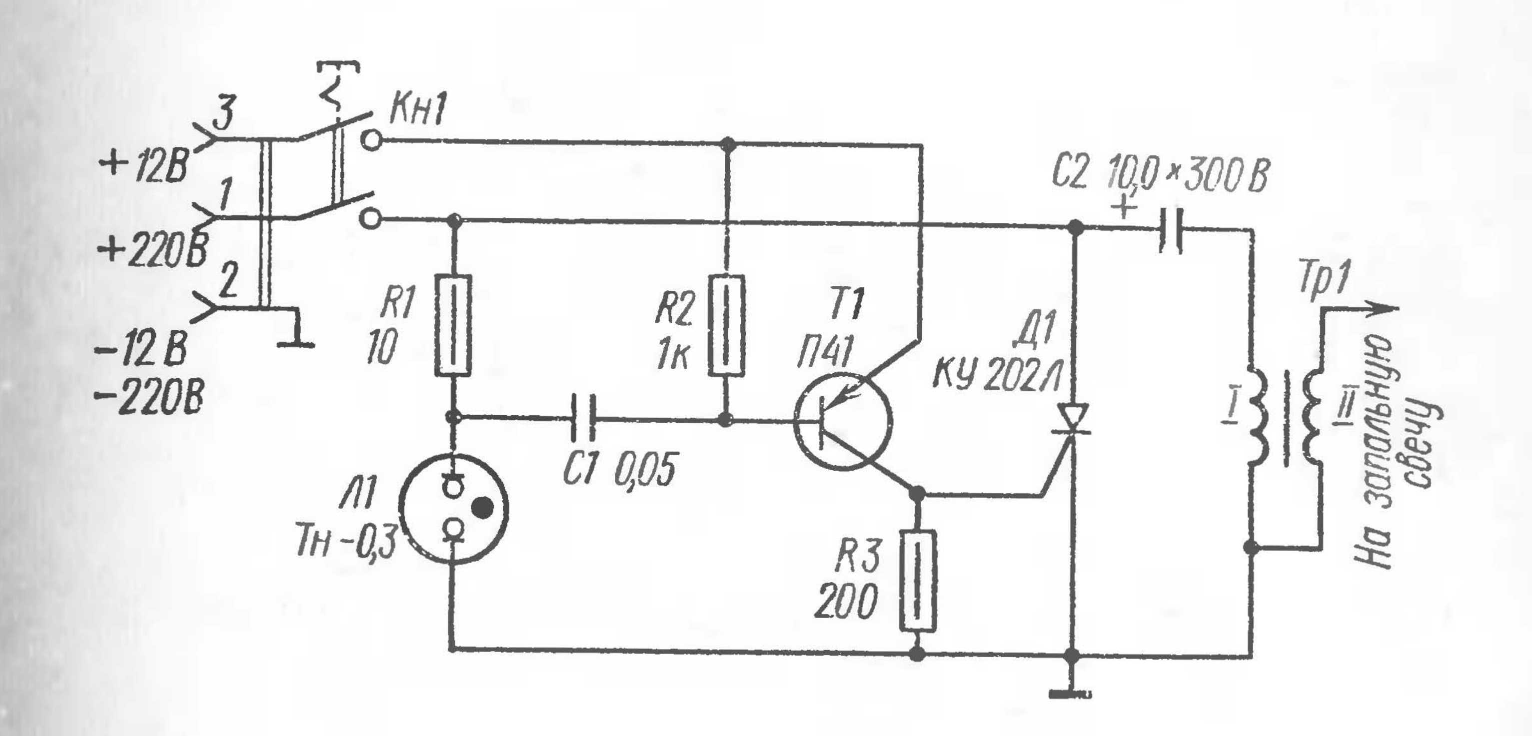


Рис. 2. Принципиальная схема бесконтактного устройства поджига с тиристором

рис. 2. Управление тиристором *Д1* осуществляется с помощью релаксационного генератора, собранного на неоновой лампе *Л1* и резисторе *R1*. Для запуска устройства нажимают двухполюсную кнопку *Кн1*, коммутирующую цепи питания импульсного устройства. При этом конденсатор *С1* заряжается через резисторы *R1* и *R2*, а эмиттер транзистора *Т1* оказывается подключенным к +12 В. Как только напряжение на обкладках конденсатора *С1* достигнет уровня зажигания неоновой лампы *Л1*, она вспыхивает, и на базу транзистора *Т1* поступает отрицательный импульс, открывающий транзистор. Положительный импульс с коллектора *Т1* поступает на

управляющий электрод тиристора *Д1*, тиристор открывается, и конденсатор *С2* разряжается через первичную обмотку катушки зажигания *Тр1*. Далее весь процесс протекает так же, как и в устройстве, схема которого приведена на рис. 1. Частота переключений тиристора *Д1* определяется параметрами неоновой лампы *Л1* и сопротивлением резистора *R1*. Как только подогреватель заработает, кнопку *Кн1* отпускают, и цепи питания устройства поджига разрываются.

Описанные устройства с одинаковым успехом могут быть использованы и для запуска подогревателя на автомобиле «Запорожец». Для этого достаточно заменить в нем свечу накаливания на искровую и подключить к ней устройство поджига в соответствии с приведенными выше рекомендациями.

СОДЕРЖАНИЕ

Радиоприем

Звуковоспроизведение

Радиовещание

Электромузыка

Измерительная техника

Электроника в автомобиле